

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-321805

(43)Date of publication of application : 03.12.1996

(51)Int.Cl. H04B 10/02
H04B 10/18

(21)Application number : 07-181929

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.07.1995

(72)Inventor : ISHIKAWA JOJI
NISHIMOTO HIROSHI
TOMOFUJI HIROAKI
OOI HIROMI
SEKIYA MOTOYOSHI

(30)Priority

Priority number : 06181013
07 59295

Priority date : 02.08.1994
17.03.1995

Priority country : JP

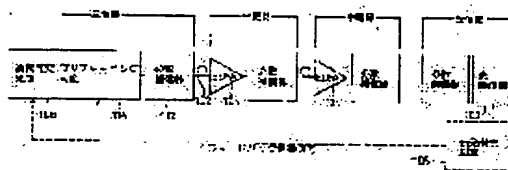
JP

(54) LIGHT TRANSMISSION SYSTEM, LIGHT MULTIPLEX TRANSMISSION SYSTEM AND ITS PERIPHERAL TECHNOLOGY

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide technology for optimizing a transmission condition for realizing large capacity transmission and to obtain peripheral technology for the practical use of light multiplex for realizing large capacity transmission.

CONSTITUTION: A transmission characteristic measuring part 105 measures a transmission characteristic. A signal light wavelength on a wavelength variable light source 106 is controlled, prechirping quantity is controlled (114), distribution compensation quantity is controlled and/or optical power is controlled for making the transmission characteristic to be the best. Non-linear effect is reduced by compulsorily distributing the wavelength by a distribution compensator 112. The signal light wavelength is optimized at every light amplification repeating section by arranging a wavelength variable laser. For realizing light multiplex, the peripheral technology of drift compensation, clock extraction, the recognition of a light signal channel and the stabilization of a clock phase can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(7)

特開平 8-321805

12

人力される光多重化信号を遅延又は前進させることによ
って出力先を変更する請求項 111 記載の光分岐器。

【請求項 115】 前記識別情報は、特定の光信号チャ
ネルのタイムスロットにおいて前記光多重化信号が低
周波信号を重畳したものであり、

前記識別情報抽出回路は、前記光多重化信号を抽出することによって識別情報を抽出する
低周波信号を抽出することによって、

【請求項 116】 前記識別情報抽出回路は、前記光ス
イッチによって分離された光信号チャネルを電気信号
に変換するための光/電気変換素子へ流れる電流から前
記低周波信号を抽出する請求項 115 記載の光分岐器。

【請求項 117】 前記識別情報抽出回路は、前記光ス
イッチによって分離された光信号チャネルを電気信号
に変換するための光/電気変換素子へ流れる電流から前
記低周波信号を抽出する請求項 115 記載の光分岐器。

【請求項 118】 前記光スイッチの出力と出力先の
間に設けられた信号交換回路をさらに具備し、

前記識別回路は、該信号交換回路における光スイッチの
出力と出力先との接続関係を変更することによって出力
先を変更する請求項 115 記載の光分岐器。

【請求項 119】 前記識別回路は、前記光スイッチへ
入力される光多重化信号を遅延又は前進させることによ
って出力先を変更する請求項 115 記載の光分岐器。

【請求項 120】 前記識別回路は、前記光スイッチへ
入力される光多重化信号を遅延又は前進させることによ
って出力先を変更する請求項 115 記載の光分岐器。

【請求項 121】 複数の光信号チャネルを時分割多
重する光時分割多重手段と、

該光時分割多重手段によって生成される光多重化信号
に各光信号チャネルを識別するための識別情報を付与
する手段とを具備する光送信機。

【請求項 122】 前記識別情報付与手段は、特定の光
信号チャネルのタイムスロットにおいて前記光多重化
信号が低周波信号を重畳する請求項 121 記載の光送信
機。

【請求項 123】 前記識別情報付与手段は、前記特定
の光信号チャネルを生成するための光変調器に直列に
接続され識別信号として前記低周波信号が供給される第
2 の光変調器を含む請求項 122 記載の光送信機。

【請求項 124】 前記識別情報付与手段は、前記特定
の光信号チャネルのための変調信号に前記低周波信号
を重畳して該光信号チャネルを生成するための光変調
器へ変調信号として供給する駆動回路を含む請求項 12
2 記載の光送信機。

【請求項 125】 複数の光信号が時分割多重され、か
ら、特定の光信号のタイムスロットにおいて低周波信号

11

前記識別情報抽出回路は、該光多重化信号に重畳された
低周波信号を抽出することによって識別情報を抽出する
請求項 9 記載の光受信機。

【請求項 105】 前記識別情報抽出回路は、前記光ス
イッチによって分離された光信号チャネルを電気信号
に変換するための光/電気変換素子へ流れる電流から前
記低周波信号を抽出する請求項 104 記載の光受信機。

【請求項 106】 前記識別情報抽出回路は、前記光ス
イッチによって分離された光信号チャネルを電気信号
に変換するための光/電気変換素子へ流れる電流から前
記低周波信号を抽出する請求項 104 記載の光受信機。

【請求項 107】 前記光スイッチの出力と出力先の
間に設けられた信号交換回路をさらに具備し、

前記識別回路は、該信号交換回路における光スイッチの
出力と出力先との接続関係を変更することによって出力
先を変更する請求項 104 記載の光受信機。

【請求項 108】 前記識別回路は、前記光スイッチへ
供給されるクロックの位相を変更することによって出力
先を変更する請求項 104 記載の光受信機。

【請求項 109】 前記識別回路は、前記光スイッチへ
入力される光多重化信号を遅延又は前進させることによ
って出力先を変更する請求項 104 記載の光受信機。

【請求項 110】 光多重化信号から各光信号チャネル
のクロックを再生するクロック再生回路と、

該クロック再生回路によって再生されたクロックに従っ
て、該光多重化信号から各光信号チャネルを分離する
光スイッチと、

該光スイッチによって分離された光信号チャネルに含
まれる識別情報を抽出する識別情報抽出回路と、

該識別情報抽出回路が抽出した識別情報に従って、各光
信号チャネルが所定の出力先に出力されるように出力
先を変更する制御回路とを具備する光分離器。

【請求項 111】 前記識別情報付与は前記光信号が表
現するデータ信号に識別データとして付加されたもので
あり、

前記識別情報抽出回路は、各光信号チャネルから再生
されるデータ信号に含まれる識別データを抽出する請求
項 110 記載の光分離器。

【請求項 112】 前記光スイッチの出力と出力先との
間に設けられた信号交換回路をさらに具備し、

前記識別回路は、該信号交換回路における光スイッチの
出力と出力先との接続関係を変更することによって出力
先を変更する請求項 111 記載の光分離器。

【請求項 113】 前記識別回路は、前記光スイッチへ
供給されるクロックの位相を変更することによって出力
先を変更する請求項 111 記載の光分離器。

【請求項 114】 前記識別回路は、前記光スイッチへ

(8)

特開平 8-321805

13

が重畳された光時分割多重信号を受信するための光受信
機であって、

該光時分割多重信号を各光信号に分散する光スイッチ
と、

該光スイッチを制御するためのクロックを生成するクロ
ック生成手段と、

前記光時分割多重信号に重畳された低周波信号を利用し
て該クロック生成手段が生成するクロックの位相を該光
時分割多重信号に同期するように制御するクロック位相
制御手段とを具備する光受信機。

【請求項 126】 前記クロック生成手段は、受信され
た光時分割多重信号からクロック成分を抽出することによ
ってクロックを生成するタイミング再生部を含む、

前記クロック位相制御手段は、

前記クロック位相制御手段は、前記光受信素子と
位相制御信号に従って該タイミング再生部が出力するク
ロックの位相を変更する位相制御回路と、

前記低周波信号を利用して、該クロックが該光時分割多
重信号に同期するように該位相制御回路を制御する位相
制御信号を生成する位相制御部を含む請求項 125 記載
の光受信機。

【請求項 127】 前記位相制御部は、

前記光スイッチで分散された光信号の 1 つを電気信号に
変換する受光素子と、

所定の周波数の信号を出力する発振器と、

該発振器の出力で該受光素子の出力を位相検波する同期
検波回路と、

該同期検波回路の出力を所定の値と比較する比較器
と、

該比較器の比較結果を該発振器の出力に加算して前記位
相制御信号として出力する加算器とを含む請求項 126
記載の光受信機。

【請求項 128】 前記位相制御部は、前記受光素子と
前記同期検波回路の間に設けられ、前記低周波信号成分
のみを通過させる帯域通過フィルタをさらに具備する請
求項 127 記載の光受信機。

【請求項 129】 前記比較器は制御信号に従って比較
結果を反転して出力する請求項 127 記載の光受信機。

【請求項 130】 前記タイミング再生部は、

抽出したクロック成分のレベルを検出するレベル検出器
と、

該レベル検出器の出力を所定の基準値と比較し、基準値
以下であるときアラーム信号を出力する比較器を含む請
求項 128 記載の光受信機。

【請求項 131】 前記クロック生成手段は、制御電圧
に応じた周波数のクロックを生成する電圧制御発振器を
含む、

前記クロック位相制御手段は、前記低周波信号を利用し
て、該クロックが該光時分割多重信号に同期するように *

DB' P_{uL}' = const.

D : 分散度 (ps/mm/m)

50 B : 伝送速度 (Gb/s)

(1)

14

* 該電圧制御発振器を制御する制御電圧を生成する位相制
御部を含む請求項 125 記載の光受信機。

【請求項 132】 前記位相制御部は、

前記光スイッチで分散された光信号の 1 つを電気信号に
変換する受光素子と、

所定の周波数の信号を出力する発振器と、

該発振器の出力で該受光素子の出力を位相比較する同期
検波回路と、

該同期検波回路の出力を所定の値と比較する比較器
と、

該比較器の比較結果を該発振器の出力に加算して前記制
御電圧として出力する加算器とを含む請求項 131 記載
の光受信機。

【請求項 133】 前記位相制御部は、前記受光素子と
前記同期検波回路の間に設けられ、前記低周波信号成分
のみを通過させる帯域通過フィルタをさらに具備する請
求項 132 記載の光受信機。

【請求項 134】 前記比較器は制御信号に従って比較
結果を反転して出力する請求項 133 記載の光受信機。

【請求項 135】 前記光時分割多重信号に重畳された
前記低周波成分を検出する低周波信号抽出回路と、

該低周波信号抽出回路の検出レベルと所定の基準値とを
比較し、基準値以下であるときアラーム信号を出力する
比較器とをさらに具備する請求項 131 記載のいすれ
か 1 項記載の光受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光伝送システム及び
その関連技術、特に、大容量伝送のために伝送条件が最
適化された伝送路を有する光伝送システム、及び大容量
の伝送を可能にするための光時分割多重 (optical time
division Multiplexing: OTM) 等の光多重化技術が採用
された光伝送システムとその実現のための関連技術に関
する。

【0002】

【従来の技術】 伝送速度の増加に伴い、光ファイバ
の群速度分散 (group-velocity dispersion: GVD) に
よる波形劣化のために、伝送距離が厳しく制限される。
さらに、伝送速度が増加すると送受信レベル差を確保す
るために、送信光パワーを増加させる必要がある。そうす
ると、ファイバ非線形効果である自己位相変調 (Self-ph
ase modulation: SPM) 効果の影響が大きくなり、群速
度分散との相互作用 (SPM-GVD 効果) のために、
波形劣化がより複雑になる。
【0003】 この SPM-GVD 効果による波形劣化が
支配的な場合、ほぼ次のようなスケール関係が成立す
る。

(1)

50 B : 伝送速度 (Gb/s)

し：伝送距離 (km)
const. : 所要ペナルティにより決定される。
例えば、伝送速度が 100 Mb/s から 40 Qb/s へ4倍
になると、伝送路中の平均光パワー、を4倍にする
必要がある。したがって、同じ伝送距離を確保するに
は、信号光波長における分散値を $1/6.4$ に設定しな
ければならない。

【0004】そこで、倍周光の分散数をできるだけ小さくするため、ファイバの帯分散波長入、をファイバの伝送損失が最小となる1.55μm帯にシフトさせた分散シフトファイバ(dispersion shifted fiber: DSF)を使用し、1.55μm帯で伝送することが現在標準化されている。なお、帯分散波長入とは、波長の関数に対して伝送遅延時間の変化量である波長分散D (ps/nm/km)が最小の値(正常分散)から注目の(異常分散)に転ずる点の波長をいう。この波長入の近傍においては波長分散の絶対値が最小になるので波長分散による波形歪みが最小となる。

【0005】しかしながら、DSD伝送路の零分散波長入。は、掘起し工程におけるファイコア径の微小変動により、長さ方向の変動は招起されない。さらに伝送路ケーブルは数個のセグメントの多芯ケーブルが緊密に合わされてあり、隣接セグメント間隙の、は連続性がなく、ランダムに分布してゐる。また、环境温度等の変化による経時変化によつてゐる。は変化する。

【0008】したがって従来では、λ₀の分布及び経時変化を考慮して、その最頻値が伝点から伝点まで続いたとしても所定量の伝送品質を満足し得るよりに設計する最上設計が採用されていた。このため伝送路のコストの上昇は避けられず、これが大容量化の障害となっていた。

一方、光通信の変調及び復調の信号処理においては、光通信の伝点の周波数処理は電荷周波数の処理と異なり、光通信の変調を行うための電荷周波数を減速することによつて、光伝送システムの高減速を図ることが主流であつた。しかし最近においては、電子デバイスによる電荷信号の減速化が難しく、このことが問題となつてきている。Si, GaAs, HBT, HEMTを用いた、10〜400cm/sでの光通信デバイスの実現が期待されている。

λ₀の分布及び経時変化を考慮して、その最頻値が伝点から伝点まで続いたとしても所定量の伝送品質を満足し得るよりに設計する最上設計が採用されていた。このため伝送路のコストの上昇は避けられず、これが大容量化の障害となっていた。

一方、光通信の変調及び復調の信号処理においては、光通信の伝点の周波数処理は電荷周波数の処理と異なり、光通信の変調を行うための電荷周波数を減速することによつて、光伝送システムの高減速を図ることが主流であつた。しかし最近においては、電子デバイスによる電荷信号の減速化が難しく、このことが問題となつてきている。

Si, GaAs, HBT, HEMTを用いた、10〜400cm/sでの光通信デバイスの実現が期待されている。

λ₀の分布及び経時変化を考慮して、その最頻値が伝点から伝点まで続いたとしても所定量の伝送品質を満足し得るよりに設計する最上設計が採用されていた。このため伝送路のコストの上昇は避けられず、これが大容量化の障害となっていた。

一方、光通信の変調及び復調の信号処理においては、光通信の伝点の周波数処理は電荷周波数の処理と異なり、光通信の変調を行うための電荷周波数を減速することによつて、光伝送システムの高減速を図ることが主流であつた。しかし最近においては、電子デバイスによる電荷信号の減速化が難しく、このことが問題となつてきている。

Si, GaAs, HBT, HEMTを用いた、10〜400cm/sでの光通信デバイスの実現が期待されている。

【0007】このため、光伝送システムの伝送速度を、電子デバイスの動作電圧以上に高速化するには、光増幅による多重化が有効である。一つは波長多重での多重化である (Wavelength Division Multiplexing: WDM)。また一つは時間多重での多重化による方法 (Optical Time Division Multiplexing: OTDM) が考えられる。これらの方法において、実用化のためにその周辺技術の開発が必要である。

【0008】

1の目的は、大容量伝送を可能にするために伝送条件の最適化の技術を提供することにある。本発明の第2の目的は、大容量伝送を可能にするための光多重化の実用化のための周辺技術を提供することにある。

【0009】
 (問題を解決するための手段)本発明においては、光信号を生成する光送信部と、被光送信部が生成した光信号を伝送する光受信部と、被光送信部により伝送された光信号を認識する光受信部と、被光信号の特性値が被光伝送路の特性値のなともいまいか一方を認識することによって、被光信号の特性と被光伝送路の特性に適合させるに適した特性調節手段とを具備する光伝送システムが提供される。

【0010】本発明によれば、光信号を生成する光伝送部と、被光伝送部に生成した光信号を送る光伝送路部と、被光伝送路内に伝送される光信号の強度の変化を感知することによって制御動作を低減する手段とを具備する光伝送システムを構成される。本発明によれば、光信号を生成する光受信部と、被光伝送部に生成された光信号を送る光伝送路と、被光伝送路に伝送された光信号を受信部へ供給する光受信用部と、被光伝送部の途中に設けられ被光伝送路に伝送される光信号を光増幅する光増幅機能とを有し、被光伝送路中部で光増幅される光信号の波長が変動する波長変換部とを具備する光伝送システムを構成される。

【0011】本明記によれば、複数の光変調器において、複数のドリアンプ信号よりそれぞれ変調された複数の光信号を多重化する光多重化シグナチャの光変調器のためのドリアンプ補償回路であって、該複数の光変調器へ供給される複数のドリアンプ信号を低周波信号でそれぞれ時間変調する複数の駆動回路と、該複数の光信号を多重化する光多重化シグナチャの一部を分岐する分岐回路と、該分岐回路による分岐された光多重化信号の一部を電気信号に変換する変換回路と、該変換回路の出力に含まれる周波数成分を光検出器と、該光検出器の出力に含まれる周波数成分を低周波信号で低周波増幅することによって、それぞれの変調器のドリアンプ補償のためのバイアス信号を生成する制御手段とを具備するドリアンプ補償回路も提供され

【0012】本発明によれば、複数の光信号を同時制御する光時分割多重化手段と、該光時分割多重化手段によって生成された光信号多重化信号を伝送する光伝送路と、該光伝送路によって送られる光信号多重化信号から前記多重化前の光信号のクロックを直接抽出するクロック抽出手段と、該クロック抽出手段へ供給される光信号多重化信号における各光信号の周波数の差を有与することによって該クロック抽出手段に該クロックの抽出を可能にする周波数補正手段とを具備する光伝送システムもまた提供される。

【0013】本発明によれば、複数の光信号を時分割する多重量多重手段と、受信側において光多重化信号から光多重化信号の受信間隔を直接抽出することにより、光多重化信号における各光信号の手元へ送付されるため、較光多重化信号における各光信号の時間的差を付与する手段とを具備する光送信機も提供される。本発明によれば複数の光信号チャネル間の時間的多重化する光多重化信号に、較光信号手元によって生成される光多重化信号に係る光信号手元との同期するための識別情報を含む手段と、較光信号チャネルに係る光信号手元からの識別情報を付与する手段と、較光信号チャネルに係る光多重化信号に係る光信号手元からの識別情報に基づいて、光信号チャネルが所定の出力先に出力されるように出力力を変化する制御回路とを具備する光送信システムもまた提供される。

(10014) 本発明によれば、光信号チャネルに含ませる光情報信号を抽出する光識別情報抽出回路と、該光信号チャネルから光信号チャネルを分離する光スリットチャネル分離回路と、該光スリットチャネル分離回路によって分離された光信号チャネルと、該光スリットチャネル分離回路によって抽出された光情報信号と、該光識別情報抽出回路が抽出した光識別情報とに基づいて、光信号チャネルが所定の出力先に出力されるように出力先を変更する制御回路とを具備する光分離器が提供される。

【0015】本発明によれば、複数の光信号チャネルを一時分断する光時分割多重手段と、映光時分割多重手段によって生成された光信号チャネルと光信号チャネルを識別するための識別情報と付与する各光信号チャネルを識別するための識別情報とを付与する手段とを具備する光信号伝送装置と提供される。本発明によれば、複数の光信号が一時分断多重され、かつ、特定の光信号のタイムスロットにおいて低周波信号が重畳された光時分割多重信号を受信するための光受信機とあって、映光時分割多重信号を光信号伝送装置に分類する光スイッチと、映光スイッチを制御するためのクロックを生成するクロック生成手段と、前記映光時分割多重信号伝送装置に重畳された低周波信号を利用して映光クロック信号が生成するクロックの位相を映光時分割多重信号と同期するように制御するクロック位相制御手段とを具備する光受信装置と提供される。

る。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係る光電子伝送システムの一例のブロック図である。図1において、1は光源部、12は光受信部、13は光ファイバ、14は波長可変光波、15は波長可変フィルタ、16、17

部、19は駆動回路である。

【００１７】光発振部１の波長可変光源１４として、例えば、量子超格子制御型の変半導体レーザー、超格子制御型超格子制御型の変半導体レーザー等の各種超格子制御型の変半導体レーザーを用いることができる。図２は波長可変半導体レーザーの概略図であり、３電極型波長可変半導体レーザーの長を、図２に示した波長可変半導体レーザーは InGaAsP/InP レーザ構成を有している。共通電極２１と電極２２との間に活性層２５を含むレーザ発振部２７が形成され、共通電極２１と電極２３との間に波長制御部２８が形成され、共通電極２１と電極２４との間に屈折率２６を有する波長制御部２９が形成されている。電極２３に加え、共通電極１ｐと、電極２４に加え、電極１ｄを加えることで、電極２２に加え、電極１ａによって光出力を制御することとなる。従って、電極回路１より、電極１ａ、１ｐ、１ｄを制御することにより、発光波長を制御し、且つ伝送情報に従って変調した光信号を出力することができ、

[0018] 海用可変光源14としては、上述の如く光学的に直接駆動する外部励起型ではなく、光源から放射した光を外部励起型で変換する外部励起型とすることが可能である。又波長可変光源14からの光信号を光増幅器にもより増強して光ファイバ13へ送出する場合とすることも可能である。光増幅器17は、例えば、Er³⁺を用いたNd等ドーピングした希土類ドープファイバ増幅器を用いることができ、例えば、Er³⁺ドープ光ファイバ増幅器の場合、1.5μm帯域の光信号を、1.48μm又は0.98μmの5μm帯域まで直接増強することができ、

【0009】光受光部12は、例えば、光増幅器17と、波長可変フイルム15と受光部18とを備えている。増幅器17及び波長可変フイルム15を省略することも可能である。受光部18は、光信号を電気信号に変換する各種のフォトダイオードや光トランジスタ等により構成することができる。なお、変光部18により電気信号に変換し、強化処理を行ってレベル識別し、伝送情報と再生して受信処理する情報処理部については、既に知られた各様の構成が採用可能であり、図示を省略して

(100201) 又波長可変フィルタ15としては、既に知られた各種構成のフィルタを使用することであり、例えば、1989年電子情報通信学会春季大会の予集巻、B-1055[5]を用いた通波フィルタ・ペロト型波長選別器・波長可変フィルタの表題によって説明されている通り、米フィルタの検討」の表題によって説明されていることも可能な温度制御による波長可変フィルタを用いることも可能である。又波長可変光源14の液晶可変偏光素をカバー11—しる透過波長特性を有する固定波長特性のフィルタ2を使用することも可能である。

【0013】本発明によれば、複数の光信号を時分多重化する光時分多重多重手段と、受信側において多重化信号から多重化多重の光信号のクロックを直接抽出することを実現するための、較光多重化信号における各光信号の振幅に差を付与する振幅差付与手段とを具備する光送信機もまた提供される。本発明においては複数の光信号のチャンネルを識別するための識別情報を付与する手段として、較光信号によって生成された較光多重化信号による光信号多重多重手段を適用する光時分多重多重手段と、較光時分多重多重手段を識別するための識別情報を付与する手段と、較光信号チャンネルに含まれる識別情報を出射すると、較光信号多重多重手段と、較光識別情報抽出回路が抽出した識別情報に従って、各光信号チャンネルが所定の出力先に出力されるように出力先を変遷する制御回路を具備する光行送システムとを提案する。

10

(10014)本発明によれば、光信号チャネルに合
する光信号を抽出する光識別情報抽出回路と、該識別情
報抽出回路が抽出した識別情報に従って、各光信号チャ
ネルが所定の出力先に出力されるように出力先を変更
する制御回路とを具備する光信号機もまた提供される。
本発明によれば、光多度化信号から各光信号チャネル
のクロックを生成するクロック再生回路と、該クロック
再生回路によって生成されたクロックに従って、該光多
重化信号から各光信号チャネルを分離する光スリッ
チ回路と、該光スリッチによって分離された各光信号回
路とを含む識別情報抽出回路とを具備する光信号機と、該
識別情報抽出回路が抽出した識別情報に従って、各光
信号チャネルが所定の出力先に出力されるように出力先
を変更する制御回路とを具備する光分離器もまた提供さ
れる。

【0015】本発明によれば、複数の光信号チャネルを時分割して生成する光時分割多重手段と、複数の多重手段によって生成された光信号チャネルに各光信号チャネルを識別するための識別信号を付与する手段とを具備する光信号生成装置が提供される。本発明によれば、複数の光信号生成装置が、かつ、特定の波長のタイムスロットにおいて低周波信号が重畳される光時分割多重信号を受信するための光受信装置であって、該光時分割多重信号を光信号チャネルに分類する光スリッパと、該光スリッパを制御するためのクロックを生成するクロック生成手段と、前記光時分割多重信号に重畳される低周波信号を利用して該クロック生成手段が生成するクロックの位相を該光時分割多重信号と同期するように制御するクロック位相制御手段とを具備する光受信装置もまた提供される。

る。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係る光回可変シ
ステムの一例のブロック図である。図1において、11
は光送信部、12は光受信部、13は光ファイバ、14
は波長可変光源、15は波長可変フィルタ、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、72、73、74、75、76、77、78、79、80、81、82、83、84、85、86、87、88、89、90、91、92、93、94、95、96、97、98、99、100、101、102、103、104、105、106、107、108、109、110、111、112、113、114、115、116、117、118、119、120、121、122、123、124、125、126、127、128、129、130、131、132、133、134、135、136、137、138、139、140、141、142、143、144、145、146、147、148、149、150、151、152、153、154、155、156、157、158、159、160、161、162、163、164、165、166、167、168、169、170、171、172、173、174、175、176、177、178、179、180、181、182、183、184、185、186、187、188、189、190、191、192、193、194、195、196、197、198、199、200、201、202、203、204、205、206、207、208、209、210、211、212、213、214、215、216、217、218、219、220、221、222、223、224、225、226、227、228、229、230、231、232、233、234、235、236、237、238、239、240、241、242、243、244、245、246、247、248、249、250、251、252、253、254、255、256、257、258、259、260、261、262、263、264、265、266、267、268、269、270、271、272、273、274、275、276、277、278、279、280、281、282、283、284、285、286、287、288、289、290、291、292、293、294、295、296、297、298、299、300、301、302、303、304、305、306、307、308、309、310、311、312、313、314、315、316、317、318、319、320、321、322、323、324、325、326、327、328、329、330、331、332、333、334、335、336、337、338、339、340、341、342、343、344、345、346、347、348、349、350、351、352、353、354、355、356、357、358、359、360、361、362、363、364、365、366、367、368、369、370、371、372、373、374、375、376、377、378、379、380、381、382、383、384、385、386、387、388、389、390、391、392、393、394、395、396、397、398、399、400、401、402、403、404、405、406、407、408、409、410、411、412、413、414、415、416、417、418、419、420、421、422、423、424、425、426、427、428、429、430、431、432、433、434、435、436、437、438、439、440、441、442、443、444、445、446、447、448、449、450、451、452、453、454、455、456、457、458、459、460、461、462、463、464、465、466、467、468、469、470、471、472、473、474、475、476、477、478、479、480、481、482、483、484、485、486、487、488、489、490、491、492、493、494、495、496、497、498、499、500、501、502、503、504、505、506、507、508、509、510、511、512、513、514、515、516、517、518、519、520、521、522、523、524、525、526、527、528、529、530、531、532、533、534、535、536、537、538、539、540、541、542、543、544、545、546、547、548、549、550、551、552、553、554、555、556、557、558、559、560、561、562、563、564、565、566、567、568、569、570、571、572、573、574、575、576、577、578、579、580、581、582、583、584、585、586、587、588、589、590、591、592、593、594、595、596、597、598、599、600、601、602、603、604、605、606、607、608、609、610、611、612、613、614、615、616、617、618、619、620、621、622、623、624、625、626、627、628、629、630、631、632、633、634、635、636、637、638、639、640、641、642、643、644、645、646、647、648、649、650、651、652、653、654、655、656、657、658、659、660、661、662、663、664、665、666、667、668、669、670、671、672、673、674、675、676、677、678、679、680、681、682、683、684、685、686、687、688、689、690、691、692、693、694、695、696、697、698、699、700、701、702、703、704、705、706、707、708、709、710、711、712、713、714、715、716、717、718、719、720、721、722、723、724、725、726、727、728、729、730、731、732、733、734、735、736、737、738、739、740、741、742、743、744、745、746、747、748、749、750、751、752、753、754、755、756、757、758、759、760、761、762、763、764、765、766、767、768、769、770、771、772、773、774、775、776、777、778、779、780、781、782、783、784、785、786、787、788、789、790、791、792、793、794、795、796、797、798、799、800、801、802、803、804、805、806、807、808、809、810、811、812、813、814、815、816、817、818、819、820、821、822、823、824、825、826、827、828、829、830、831、832、833、834、835、836、837、838、839、840、841、842、843、844、845、846、847、848、849、850、851、852、853、854、855、856、857、858、859、860、861、862、863、864、865、866、867、868、869、870、871、872、873、874、875、876、877、878、879、880、881、882、883、884、885、886、887、888、889、890、891、892、893、894、895、896、897、898、899、900、901、902、903、904、905、906、907、908、909、910、911、912、913、914、915、916、917、918、919、920、921、922、923、924、925、926、927、928、929、930、931、932、933、934、935、936、937、938、939、940、941、942、943、944、945、946、947、948、949、950、951、952、953、954、955、956、957、958、959、960、961、962、963、964、965、966、967、968、969、970、971、972、973、974、975、976、977、978、979、980、981、982、983、984、985、986、987、988、989、990、991、992、993、994、995、996、997、998、999、1000、1001、1002、1003、1004、1005、1006、1007、1008、1009、1010、1011、1012、1013、1014、1015、1016、1017、1018、1019、1020、1021、1022、1023、1024、1025、1026、1027、1028、1

1の目的は、大容量伝送を可能にするために伝送条件の最適化の技術を提供することにある。本発明の項2の目的は、大容量伝送を可能にするための多量化の費用化のための周辺技術を提供することにある。

{ 0009 }

{ 要約を解決するための手段 } 本発明によれば、光信号を生成する光送信部と、被光送信部が生成した光信号を送信する光伝送路と、被光伝送路により伝送された光信号を接收する光受信部と、被光信号の特性値及び被光伝送路の特性値の少なくともいずれか一方を調節することによって、被光信号の特性を被光伝送路の特性に適合させるに適した特性調節手段とを具備する光伝送システムが提供される。

{ 0010 } 本発明によれば、光信号を生成する光送信

部と、該光送信部が生成した光信号を伝送する光伝送路と、該光伝送路により伝送された光信号を復調する光受信部と、該光伝送路内に伝送される光信号の強度の変化を感知することによって非線形効果を低減する手段とを具備する光伝送システムもまた提供される。本発明によれば、光信号を生成する光送信部と、該光送信部が生成した光信号を伝送する光伝送路と、該光伝送路により伝送された光信号を復調する光受信部と、該光伝送路の途中に設けられ該光伝送路で伝送される光信号を光増幅する光増幅部と、該光増幅部と該増幅部と光増幅される光信号の波長を变换する波長変換部とを具備する光伝送システムもまた提供される。

(0011) 本説明によれば、複数の光変調器において、ペーシングパルス信号によりそれぞれ変調された複数の光信号を多重化する光変換システムと、光変調器のための下

リフト補償回路であつて、該複数の光変調器へ供給されるベースバンド信号を低周波信号でそれぞれ振幅変調する。該複数の光変調器と、該複数の光信号を多重化した光多重化信号の一部を分岐する光分岐器と、該光分岐器による分岐信号の一部を分岐する光分岐器と、該光分岐器より分離された光変調信号の一部を電圧信号に変換する光検出器と、該光検出器の出力に含まれる低周波信号成分を該複数の駆動回路のそれぞれにおいて使用された低周波信号で位相検波することによつて、それぞれの光変調器のドリフト補償のためのバイアス信号を生成する制御手段とを具備するドリフト補償回路もまた提供され

【0012】本発明によれば、複数の光信号を時分割多重する光時分割多重手段と、該光時分割多重手段によって生成された光多重化信号を伝送する光伝送路と、該光伝送路によって伝送された光多重化信号から前記多重化信号のクロックを直接抽出するクロック抽出手段と、該クロック抽出手段へ供給される光多重化信号におけると、該クロック抽出手段の臨調に善を付与することによって該クロック抽出手段によるクロックの抽出を可能にする振動発付手段とを具備する光伝送システムもまた提供され

し：伝送距離 (km)

const. : 所望パナレナルにより決定される。

例えば、伝送距離が10mのsから40mのsへ4倍になること、伝送路中での平均光パワーP₀を1/4にする必要がある。したがって、同じ伝送距離Lを確保するには、信号光強度における分散値Dを1/64に設定しなければならぬ。

【0004】そこで、信号光の分散値をできるだけ小さくするため、ファイバの帯域幅制限を、ファイバの伝送損失が最小となる1.55μmにシフトさせた分散シフトファイバ (dispersion shifted fiber: DSF) を使用し、1.55μm帯で伝送することによって実現が図られている。なお、帯域幅制限による、波長の微小変化に対する伝送遅延時間の変化量である遅度分散D (ps/m/km)

m) が負の値（正常分散）から正の値（異常分散）に転ずる点の波長より、この波長入、の近傍において波長分散の絶対値は最小になるので波長分散による波形歪みが最小となる。

〔0005〕しかしながら、USF伝送路の波分散波長入は、随時して工務におけるファイバコグの微小変動により、伝送方向の波長は出てくる。さらに伝送路ケーブルは数種のセグメントの多たケーブルが互ぎ合わされてあり、隣接セグメント間の入、は連続性がなく、随時変化する。また、周囲温度等の変化による、経時変化によっても入、は変化する。

〔0008〕したがって従来では、入、の分布及び経時変化を考慮して、その最悪値が点から終まで続いたとしても所定の伝送品質を満足し得るように入、に設計する上、設計が用いられていた。このため伝送路のコストの増大を招き、

界は遅けられず、これが大容量化の障害となっていた。一方、光信号の変調及び復調等の信号処理においては、通常全ての信号処理は電気信号の段階で実施され、光信号の変調を行うための電気信号を高速度化することによって、光伝送システムの高速度化を図ることが主眼であった。しかし最近においては、電子デバイスを用いた電気信号レベルでの高速度化が難いことが問題となってきた。Si, GaAs, HBT, HEMT等を用いた、10~40G/sでの光通信用デバイスの研究開発が行われているが、現状で実用レベルにあるのは、10~20 40 G/sまでと見られていた。

【0007】このため、光伝送システムの伝送速度を、電子デバイスの動作周波数以上に高速化するとは、光回線での多重複路が有効である。一つには波長多重での多重による方法 (wavelength Division Multiplexing: WDM)、また一つには時間多重での多重による方法 (optical Time Division Multiplexing: OTDM) が考えられる。いずれの方法においても実用化のためのその周辺技術の開発が必要である。

【0008】

入...)の光が発生する。入、を波長可変光源から発生させて可変とし、出力光からフィルタ入...の光のみを取り出すようにすれば、入...を入...に変換し、かつ、その波長を制御することができ、

【0073】各光増幅部(増幅部)ごとに信号光波長の設定を行うことにより、さらに波長分散を小さく抑えられることにより伝送速度の増大、および等分波長入、コストらつきの許容範囲を拡大できることによる伝送路コストの削減が図られる。また、わざわざ再生し増して、信号光波長を設定しなおすのではなく、光増幅部(増幅部)において高速光信号のまゝ波長変換を使うことにより、2度の光電変換と高速電子回路による変換を省くことができて、システムの小型化とコストダウンを奏することができ、

【0074】予め波長方向変動も含む伝送路の零分散波長が把握できている場合には、シミュレーション等から、各光増幅部(増幅部)ごとに最適な信号光波長に設定する。伝送路の零分散波長が不明な場合は、システム立ち上げ時に、波長可変光源と波長変換器を接続しながら、受信側で伝送特性を測定し、伝送特性が最適になる波長に設定すればよい。このとき、図5Bに示すように伝送波長を引く方法も考えられる。この場合、例えば、波長分散は波長シフト量ゼロに設定しておき、まず各波長変換器は波長シフト量をゼロに設定しておき、このときに伝送特性が規格を満たさない場合は、送信側に近い方から順次波長変換器を制御し、それぞれ波長変換特性が規格に適合するまで波長変換器を制御し、伝送特性が最適になる波長に設定する。この場合の伝送特性の測定方法、及びシステム立ち上げ時と運用時の制御の態様については、既に説明した多数のバリエーションのすべてが適用可能である。

【0075】図5Aに示した例では、既に説明したように、SPM効果を低減すべくGVDを意図的につくるための分散補償器112が送信部にさらに配置されている。分散補償器をさらに各中継部に配置しても良い。次に、光多量を送出するための周波数帯域について説明する。光源からの光に二重を電気信号で変換して光信号を生成するために用いられるマフツェンダ型光変換器は、図20を参照して既に説明したように正弦波の特性を持っているが、温度変化や経時変化に伴ってそれが正しくなるようにトリフトを補償する必要がある。特に、図3-251815号は印加電圧(高周波電気信号)を印加電圧、の低周波で振動変換し、出力光に含まれる「成分がゼロになるように印加電圧のバイアスを制御することによってマフツェンダ型光変換器のトリフトを補償する技術を開示している。即ち、駆動電圧の範囲V、V、が適正であるときは図5Bに示すように出力光信号の上下の包絡線は図22f、で互いに逆位相で変化する。このとき、成分が含まれないのに対して、動作点が変動

すると、図5B及び図6Cに示すように、出力光信号の上下の包絡線が図22f、で互いに同相で変化する。この成分が含まれることになる。そこで出力光信号の一端をカプラで分岐して電気信号に変換し、f、で位相補正した出力で光変換器のバイアスを制御することによって、動作点を安定化する。

【0076】この様なトリフト補償の技術を光多量化システムに適用した場合、各光チャネル毎に光変換器が設けられるので、トリフト補償回路もそれぞれに必要になる。従って、前記のトリフト補償技術をそのまま光多量化システムに適用すると、光信号を分岐するためのカプラ及び分岐された光信号を電気信号に変換する光検出器等が多数必要になるという問題がある。

【0077】図6Cに本発明のトリフト補償回路を有する光多量化システムの一例が示される。この例では、並列に複数配置されたマフツェンダ型光変換器201、201、...に同一波長入、のレーザ光をそれぞれ入力し、光変換器201、201、...の駆動回路203、203、...で発生したそれぞれ異なる周波数f、f、...の低周波信号で駆動信号(変調信号)を振動変換する。

【0078】各光変換器201、201、...からの出力光は、光合波した後に光伝送路に送出することにも、光分岐器205でその一部をモニタ光として分岐し、その分岐光を光検出器206で光/電気変換し、さらに電気信号レベルで分岐し、各分岐した信号を帯域フィルタ208、208、...に順次対応して位相補正し、マフツェンダ型光変換器202、202、...に供給する。帯域フィルタ208、(但し、k=1, 2, ...以下同じ)は、対応する光変換器201、の低周波成分の周波数f、f、...を通過させる。

【0079】位相補正・バイアス供給回路202、では、光電変換し帯域フィルタ208、で抽出した出力光中の低周波成分を光検出器204、の出力で位相補正して、光変換器201、の動作点を制御する信号を生成する。この制御を光変換器201、201、...の各々が同時に、このように構成すると、光変換器201、の位相補正・バイアス供給回路202、の制御は帯域フィルタ208、で分岐した低周波f、成分で行われ、同時に、光変換器201、の位相補正・バイアス供給回路202、で分岐した低周波f、成分で行われるので、並列配置された各光変換器201、201、...のバイアス制御がそれぞれ独立に可能となる。

【0080】この構成は複数の光信号を光時間分割多重(OTDM)する場合に有効である。一か所での出力光分岐および光電変換で、複数の光変換器の制御が同時に可能となる。なお、この例では、光電変換して分岐した後に、各周波数成分を取り出すための帯域フィルタ208、208、...を用いているが、変位動作が可能であ

れば無くとも構わない。

【0081】この図6Cの例では、低周波の振動変換による動作点トリフトの制御を、全ての光変換器201、201、...が並列に動作して同時に行うようにしているが、他の例として、ある任意の時刻において低周波振動変換を行っている駆動回路が一つだけになるように、低周波振動変換を行う駆動回路を時間的に切り替えるようにし、それに連動して、低周波振動変換を行っている光変換器のみの動作点トリフトを抽出して制御し、その間、残りの光変換器の動作点を固定しておくようにしてもよい。このようにすると、低周波信号として同一周波数の信号を使用することができ、

【0082】図6Cにそのような光多量化システムの例が示される。この例では、並列に配置された光変換器への制御を一定の時間間隔T、で切り替える。すなわち、複数個のマフツェンダ型光変換器201、201、...を並列に配置し、各光変換器201、201、...で同一波長入、の光信号の変換を行った後、それらを合波する。低周波振動変換器204は一つだけ用意して同一低周波f、を発生し、これを切替スイッチ209で時間間隔T、ごとに各駆動回路203、203、...に時間的に切り替えて供給し、各駆動回路203、203、...は時間的に順次に切り替わって単一周波数f、の低周波振動変換を行う。

【0083】光変換器201、201、...の出力側では、合波した出力光を光分岐器205で分岐し光検出器206で光電変換し、位相補正・バイアス供給回路202に供給する。位相補正・バイアス供給回路202は出力光を分岐して光電変換した信号中の低周波成分を低周波振動器204からの低周波f、信号で位相補正することによってバイアス電圧を生成し出力する。

【0084】位相補正・バイアス供給回路202の出力は切替スイッチ210を介して各光変換器201、201、...に供給される。切替スイッチ210は切替スイッチ209と連動するようになっていて、駆動回路で低周波振動変換を行っている光変換器のみに対してバイアス電圧を供給することで動作点トリフトを制御し、その間、残りの光変換器の動作点は固定しておく(例えばスイッチ等で固定する。以下同じ)。

【0085】この例は図6Cの例と同様に、複数の光信号を時間分割多重する場合には有効であり、さらに、一つの位相補正・バイアス供給回路で制御可能であるという利点がある。制御していない光変換器でトリフトが起きないように、時間T、は制御の周期定数に比べて充分長い間隔でなるべく短く設定する。図6Cに本発明の光多量化システムの他の例が示される。この例では、光変換器201、201、...が並列に配置される。すなわち、複数個のマフツェンダ型光変換器201、201、...を並列に配置し、光源からの波長入、の光を2回以上分岐して加えるように系を構成する。なお、このシステム

ムは光信号が多量化されるわけではないので光多量化システムと呼ぶべきではないが、本明細書では便宜上このシステムを光多量化システムと呼ぶこととする。

【0086】各光変換器201、201、...の駆動回路203、203、...ではそれぞれ異なる周波数f、f、...で低周波振動変換が行われる。最後の光変換器の出力光を光分岐器205で分岐し、光検出器206で光電変換し、さらにこの電気信号を帯域フィルタ208、208、...をそれぞれ介して位相補正・バイアス供給回路202、202、...にそれぞれ供給する。帯域フィルタ208、は対応する光変換器201、の低周波成分の周波数f、を通過させる。

【0087】位相補正・バイアス供給回路202、では、出力光から分岐した信号中の低周波成分を光検出器204、からの低周波f、信号で位相補正して動作点トリフトを抽出して、対応する光変換器201、の動作点を制御する。この動作点制御は各光変換器201、201、...において同時に、動作点制御が可能であれば帯域フィルタ208、208、...は無くとも構わない。

【0088】この図6Cの例では、低周波振動変換を行う駆動回路が一つだけになるように、低周波振動変換器を時間的に切り替えるようにし、それに連動して、低周波振動変換を行っている光変換器のみの動作点トリフトを抽出して制御し、その間、残りの光変換器の動作点を固定しておくようにしてもよい。

【0089】図6Cにそのような光多量化システムの例が示される。この例では、並列に配置された光変換器201、201、...への制御を一定の時間間隔T、で切り替える。すなわち、複数個のマフツェンダ型光変換器201、201、...を並列に配置し、光源からの光を2回以上の分岐を加える系を構成する。低周波振動器204は一つだけ用意して同一低周波f、を発生し、これを切替スイッチ209で時間間隔T、ごとに各駆動回路203、203、...に時間的に切り替えて供給し、各駆動回路203、203、...は時間的に順次に切り替わって単一周波数f、の低周波振動変換を行う。【0090】最終段の光変換器の出力光を光分岐器205で分岐し、光検出器206で光電変換し、位相補正・バイアス供給回路202に供給する。位相補正・バイアス供給回路202は出力光を分岐して光電変換した信号中の低周波成分を低周波振動器204からの同一低周波f、信号で位相補正することによってバイアス電圧を生成し出力する。

【0091】位相補正・バイアス供給回路202の出力は切替スイッチ210を介して各光変換器201、201、...に供給される。切替スイッチ210は切替スイッチ209と連動するようになっていて、駆動回

0.3、へ与えられる低周波信号の極性を反転することにより動作点をVb1からVb2へ変更する。動作点がVb2へ変更されると変調信号の論理と光信号の論理が逆転するので、符号反転回路215、の切替と同時に逆符号反転回路216、において変調信号の論理を反転する。なお、発振器204、から駆動回路203、へ供給される信号の位相を反転する代わりに発振器204、から位相検出・バイアス供給回路202、へ供給される信号の位相を反転させても、位相検出・バイアス供給回路202、における位相検出の結果を反転させても良い。また、動作点の切替はすべての光変調器201、について同時に実行するようにしても良い。

[10103]また、図68の実施例に前述の図61の光多重化システムに対して符号反転回路を付加したものであるが、本発明はこれに限られるのではなく、これまで述べた光多重化システム(図62～図68)に対してても同様に符号反転回路を付加することができ、その際、各符号反転回路の動作切替え信号はそれぞれ独立に行っても、また連動させて一括で行うようにしてもよい。

[10104]この符号反転回路(動作点シフト回路)による動作点の変更は、外部からの切替スイッチを設ける方法や、システムが例えば受信側において伝送特性をチェックして自動切替えをする方法などが考えられ、ファイバの零分散波長近隣の波長で伝送を行う場合、ファイバの零分散波長のばらつきや光波長のばらつきなど、伝送における波長分散の符号は正にも負にもなり得る。そのような場合、各光変調器での動作点を独立に切り替えることが便利であると考慮される。また、波長多重では、ファイバの零分散波長と信号光の各波長との大小関係が分かっている場合には、大小関係が同じ光変調器での動作点を一括して切り替える方が便利である場合が考えられる。また、光時分割多重の場合でも、直列に並んだ光変調器の動作点を一括して切り替えることにより、出力光の波長変動を逆転させることができる。

[10105]次に、光時分割多重(OTDM)伝送におけるクロック抽出技術について説明する。図70に本発明に係るクロック信号抽出が適用された光時分割多重伝送システムが示される。この実施例は波長多重により400ch/sの伝送速度を実現するシステムの構成を示すものである。図71はこのシステムの送信側の各信号のタイムチャートであり、図70中中央アルファベットa～iで示される各信号の波形をそれぞれ示している。

[10106]まず、200chの単一正弦波hで動作する1出力光スイッチ241により、光周波1(レーザダイオード)240の光信号aから、位相が互いに逆相のクロック光信号c、dを生ずる。次に、それぞれのクロック光信号c、dに対して、外部変調器45により200ch/s NRZ信号e、fで外部変調する

ことにより、200ch/s RZ信号g、hが生成される

波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光を用いた光変調器201、...、20n、...の制御を一定の時間間隔Tで切り替える。時間的に波長 λ_1 の光を用いた波長可変フィルタ213によって、制御を行う光変調器の波長成分のみを取り出して

[10100]すなわち、複数のマッパツェン型光変調器201、...、20n、...を並列に配置し、異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号の波長多重を行う系を構成する。低周波発振器204は一つだけ用意して単一の低周波信号を発生する。各駆動回路203、...、20n、...では、単一周波数f、による低周波振幅変調を行う。各光変調器201、...、20n、...の出力光を合成して波長多重出力光を作り、この波長多重出力光を光分岐器205で分岐し、光波長可変フィルタ213を通して光検出器206で光電変換する。光波長可変フィルタ213は時間的に透過波長の切り替わるフィルタであって、任意の時刻には一つの波長成分のみを取り出し出力する。光検出器206の出力信号は切替えスイッチ214を介して各位相検出・バイアス供給回路202、...、20n、...に時間的に切り替えて供給される。この切替えスイッチ214の切替えは光波長可変フィルタ213が波長 λ_1 を透過するときに切り替えられる。切替えスイッチ214はその出力信号を位相検出・バイアス供給回路202、...に供給するように切り替えられる。

[10101]位相検出・バイアス供給回路202、は光電変換した信号中の低周波成分を低周波低周波f、信号で位相検出して、取り出した波長 λ_1 に対応する光変調器201、の動作点ドリフトを検出して制御する。その間は残りの光変調器の動作点は固定しておく。この例は図65の例と同様に、波長多重において有効であり、特に光波長可変フィルタによる波長選択の方が容易である場合に適用できる。この例では低周波振幅変調を行って変調器ごとの動作点ドリフトによって現れる低周波成分をより明確に分離するために、切替えを行っても構わない。

[10102]図69には本発明の光多重化システム(他の例)が示される。この光多重化システムは、図61のシステムに、特開平4-14072号公報に記載されたチャーピング制御のための符号反転回路215、及び216、を追加したものである。図20及び図21を参照して説明したように、マッパツェン型光変調器では動作点をVb1からVb2へ変更することによってプリチャリヤリングの方向をレッドシフトからブルーシフトへ切り替えることができる。信号光の波長がDSFの正常領域にあるときはレッドシフトを与え、異常分散領域にあるときはブルーシフトを与えることによって、波形を改善することができる。符号反転回路215、は、動作点切替信号に低周波、発振器204、から駆動回路202

図を行った後、それらを合成する。低周波発振器204は一つだけ用意して単一周波数f、を発生し、これを切替えスイッチ209で時間間隔T、ごとに各駆動回路203、...、20n、...に時間的に切り替えて供給し、各駆動回路203、...、20n、...は時間的に波長 λ_1 の光を用いた波長可変フィルタ213を通して、位相検出・バイアス供給回路202、へ供給する。位相検出・バイアス供給回路202は出力光を分岐して光電変換した信号中の低周波成分を低周波低周波f、から単一周波数f、信号で位相検出することにより、位相検出・バイアス供給回路202の出力は切替えスイッチ210を介して各光変調器201、...、20n、...に供給される。切替えスイッチ210は切替えスイッチ209と連動するようになっていて、駆動回路で低周波振幅変調を行っている光変調器のみに対してバイアス電圧を供給することで動作点ドリフトを制御

しておく。その間、残りの光変調器の動作点は固定しておく。[10098]この例は、図65の例と同様に、波長多重において有効であり、さらに、一つの位相検出・バイアス供給回路で制御可能であるという利点がある。図67には本発明の光多重化システム(他の例)が示される。この例では、非列に配置され、異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光を用いた光変調器201、...、20n、...の合成出力光を、電変換する前に、波長分岐器212によって各波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光変調器201、...、20n、...から信号を分離している。すなわち、複数のマッパツェン型光変調器201、...、20n、...を並列に配置し、それぞれ異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号の波長多重を行う系を構成する。低周波発振器204は一つだけ用意して単一周波数f、を発生する。各駆動回路203、...、20n、...は単一周波数f、による低周波振幅変調を行う。各光変調器201、...、20n、...の出力光を分岐して波長多重出力光を作り、この波長多重出力光を光分岐器205で分岐し、さらに波長分岐器212を透過することによって各波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号を分離する。この分離した光信号をそれぞれ光検出器206、...、20n、...を透過することによって光電変換した信号を位相検出・バイアス供給回路202、...、20n、...にそれぞれ供給する。位相検出・バイアス供給回路202、では波長分離した信号中の低周波成分を低周波f、信号で位相検出して動作点ドリフトを検出して、対応する光変調器201、の動作点を制御する。この制御を各光変調器201、の動作点で行う。

[10093]この波長多重出力光を光分岐器205で分岐して光検出器206で電変換する。この光電変換した信号をそれぞれ波長可変フィルタ208、...、20n、...を介して位相検出・バイアス供給回路202、...、20n、...に供給する。帯域フィルタ208、...、20n、...は対応する光変調器201、の低周波成分の周波数f、を通過させる。位相検出・バイアス供給回路202、では、出力光を分岐した信号中の低周波成分を発振器204、の低周波f、信号で位相検出して動作点ドリフトを検出して、光変調器201、の動作点を制御する。この制御を各光変調器201、...、20n、...で行う。

[10094]この例は、波長多重の場合に有効であり、図61の例と同じ原理で、複数の光変調器の間隔が十分に可変となる。安定動作が可能であれば帯域フィルタ208、...、20n、...は無くても構わない。この図65の例では、低周波振幅変調を行っての動作点ドリフトの制御を、全ての光変調器201、...、20n、...が同時に実行するようにしているが、他の例として、ある任意の時刻において低周波振幅変調を行っている駆動回路が一つだけになるように、低周波振幅変調を行う駆動回路を時間的に切り替えるようにし、それによって、低周波振幅変調を行っている光変調器の動作点ドリフトを検出して制御し、その間、残りの光変調器の動作点を固定しておくようにしてもよい。

[10095]図66にはそのような光多重化システムの例が示される。この例では、並列に配置され、異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光を用いた光変調器201、...、20n、...への制御を一定の時間間隔Tで切り替える。すなわち、複数のマッパツェン型光変調器201、...、20n、...を並列に配置し、各光変調器201、...、20n、...はそれぞれ異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号の波

長を生成する。この例では、並列に配置され、異なる

路で低周波振幅変調を行っている光変調器のみに対してバイアス電圧を供給することで動作点ドリフトを制御し、その間、残りの光変調器の動作点は固定しておく。[10092]この例は、図63の例と同様に、光時分割多重において有効であり、さらに、一つの位相検出・バイアス供給回路で制御可能であるという利点がある。図65には本発明の光多重化システム(他の例)が示される。この例では、並列に配置された光変調器201、...、20n、...でそれぞれ異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光を発生し、これを位相検出・バイアス供給回路202、...、20n、...にそれぞれ供給する。位相検出・バイアス供給回路202は出力光を分岐して光電変換した信号中の低周波成分を低周波f、から単一周波数f、信号で位相検出することにより、位相検出・バイアス供給回路202の出力は切替えスイッチ210を介して各光変調器201、...、20n、...に供給される。切替えスイッチ210は切替えスイッチ209と連動するようになっていて、駆動回路で低周波振幅変調を行っている光変調器のみに対してバイアス電圧を供給することで動作点ドリフトを制御

しておく。その間、残りの光変調器の動作点は固定しておく。[10098]この例は、図65の例と同様に、波長多重において有効であり、さらに、一つの位相検出・バイアス供給回路で制御可能であるという利点がある。図67には本発明の光多重化システム(他の例)が示される。この例では、非列に配置され、異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光を用いた光変調器201、...、20n、...の合成出力光を、電変換する前に、波長分岐器212によって各波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光変調器201、...、20n、...から信号を分離している。すなわち、複数のマッパツェン型光変調器201、...、20n、...を並列に配置し、それぞれ異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号の波長多重を行う系を構成する。低周波発振器204は一つだけ用意して単一周波数f、を発生する。各駆動回路203、...、20n、...は単一周波数f、による低周波振幅変調を行う。各光変調器201、...、20n、...の出力光を分岐して波長多重出力光を作り、この波長多重出力光を光分岐器205で分岐し、さらに波長分岐器212を透過することによって各波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号を分離する。この分離した光信号をそれぞれ光検出器206、...、20n、...を透過することによって光電変換した信号を位相検出・バイアス供給回路202、...、20n、...にそれぞれ供給する。位相検出・バイアス供給回路202、では波長分離した信号中の低周波成分を低周波f、信号で位相検出して動作点ドリフトを検出して、対応する光変調器201、の動作点を制御する。この制御を各光変調器201、の動作点で行う。

[10093]この波長多重出力光を光分岐器205で分岐して光検出器206で電変換する。この光電変換した信号をそれぞれ波長可変フィルタ208、...、20n、...を介して位相検出・バイアス供給回路202、...、20n、...に供給する。帯域フィルタ208、...、20n、...は対応する光変調器201、の低周波成分の周波数f、を通過させる。位相検出・バイアス供給回路202、では、出力光を分岐した信号中の低周波成分を発振器204、の低周波f、信号で位相検出して動作点ドリフトを検出して、光変調器201、の動作点を制御する。この制御を各光変調器201、...、20n、...で行う。

[10094]この例は、波長多重の場合に有効であり、図61の例と同じ原理で、複数の光変調器の間隔が十分に可変となる。安定動作が可能であれば帯域フィルタ208、...、20n、...は無くても構わない。この図65の例では、低周波振幅変調を行っての動作点ドリフトの制御を、全ての光変調器201、...、20n、...が同時に実行するようにしているが、他の例として、ある任意の時刻において低周波振幅変調を行っている駆動回路が一つだけになるように、低周波振幅変調を行う駆動回路を時間的に切り替えるようにし、それによって、低周波振幅変調を行っている光変調器の動作点ドリフトを検出して制御し、その間、残りの光変調器の動作点を固定しておくようにしてもよい。

[10095]図66にはそのような光多重化システムの例が示される。この例では、並列に配置され、異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光を用いた光変調器201、...、20n、...への制御を一定の時間間隔Tで切り替える。すなわち、複数のマッパツェン型光変調器201、...、20n、...を並列に配置し、各光変調器201、...、20n、...はそれぞれ異なる波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の光信号の波

長を生成する。この例では、並列に配置され、異なる

る。そして、これらを合波器246によりビット多量(光MUX)することにより、400m/sの光多重信号iが生み出される。この光時分割多重(OTDM)方式により、400m/s相当の超短帯域電圧デバイスが必要とすること無しに、400m/s光伝送が実現できる。

[0107]なお、その他の構成として、図70の光源LD240と光スィッチ241の代わり、短パルス光源や非線形光変調器付きLDを用いる構成や、送信側の光分岐用の光スィッチ241の代わりに、単なるパンプ光パワー分岐素子や外部変調器を正位相駆動する構成も可能である。一方、受信側では、400m/s光多重信号iを二つの200m/s RZ光信号に分離(光DEMUX)する必要がある。最近では、四光波混合(FWM)や相互位相変調(XPM)現象等の非線形効果を利用して超高速PLLによる光DEMUX方式の提案や実験が盛んに行われているが、いずれも大規模で、安定性の点でも課題がある。

[0108]そして、図70のように、送信側に用いられた1入力2出力光スィッチにより、1ビット毎に交互にビット分離する方法が最も簡単と考えられる。図70において、伝送路248から受信される光多重信号はプリアンプ249を通してビット分離用の光スィッチ252に入力されることにも、光分岐器250でその一部が分岐されてクロック抽出回路251に力入れされる。クロック抽出回路251は例えば図82に示されるように人力信号を光検出器260で光電変換後に狭帯域の電気フィルタ(帯域共輪フィルタ、SAWフィルタ等)262によってクロック信号を直接抽出する。抽出されたクロック信号は光スィッチ252にビット分離タイミングを与える信号として供給される。このクロック信号に比して光スィッチ252は受信した400m/s光多重信号iを二つの200m/s RZ光信号に分離(光DEMUX)してそれぞれを光受信機253、254に入力する。

[0109]しかし、この受信側構成においては、信号iの周波数でなく、光スィッチ252での光スィッチ動作を行うために、データ主信号に同期した200m/sクロック信号が必要となり、受信される光多重信号自体に200m/s成分が含まれている必要がある。そこで、本発明では以下のような方法によって送信される光多重信号自体にクロック信号抽出に十分な大きさの200m/s成分を含ませる。すなわち、図72に示すように、送信側の二つのRZ信号、hに振幅調整を掛け、これを合波した400m/sの光多重信号iからクロックを抽出する。図示するように、合波した光多重信号iは図中にて点線で示すような200m/sのクロック信号成分に含み込むようにする。

[0110]次に、光多重信号にクロック信号成分を含ませるために多量化される光信号に振幅調整を掛けるための種々の方法について説明する。ここでは説明の便宜

上、光多重の方法として、別の光源LDを用い、それぞれ出力光を外部変調してから合波する構成をケースAとし、上述の図70の例のように一つの光源LDの出力光を分岐してから、それぞれを外部変調後に合波する構成をケースBとする。

[0111]図74にはケースAの場合の1例が示される。外部変調器244、245に光信号を入力する光源LDをそれぞれ用いて、この光源LD240a、240bの出力光パワーが異なるように設定すれば、多量化される光信号g、hに振幅調整を掛けられる。図75にはケースAの場合の他の例が示される。図示するよう、光信号LDから合波器246で合波されるまでの光経路の一方に光減衰器256を挿入することにより、多量化される二つの光信号g、hに振幅調整を掛けることができる。図示の例では外部変調器244と合波器246の間に光減衰器256を設けたが、光源LD240aと外部変調器244との間に設けるものであってもよい。もちろん、外部変調器245側の光経路に設けるものであってもよい。この光減衰器256の代わり、光増幅器を用いる構成も可能である。さらに、外部変調方式に限らず、LD直接変調や変調器一体型LDを用いた場合も、これらの方法は有効である。

[0112]図76には上述の図75の方法をケースBに適用した場合の例が示される。このケースBは光源LDが一つである他は上述したものと同じであるので、詳細な説明は省く。またさらに、このケースA、ケースBのいずれの場合も、外部変調方式を採用した光時分割多重伝送方式においては、複数の光信号の光強度振幅差を、外部変調器244、245としてそれぞれ挿入損失の異なるものを用いることにより実現することができる。

[0113]外部変調器としてマフツェンダ型の変調器を用いる場合、光変調器を駆動する電圧振幅を変えたり、そのバイアス点を変えることで、出力光の振幅を変えることができる。図77、図78はこの様子を示すもので、図77では駆動電圧(印加電圧)の振幅値をV_eからV_fに変えることにより光出力強度が変わる様子を示される。図78では駆動電圧のバイアス電圧をV_{B-e}からV_{B-f}に変えることにより光出力強度が変わる様子が見られる。このように外部変調器としてマフツェンダ型の変調器を用いる場合には例えば、駆動電圧振幅あるいはバイアス電圧を変えて外部変調器244、245の光出力光強度を変えることができる。

[0114]また、ケースBの場合は、光スィッチ241(あるいはこれに代わるパンプ光パワー分岐素子など)による光源LD240の出力光の分岐を1:1にしないことにより、各外部変調器244、245の出力光に振幅調整を掛けることができる。図79にはケースBの場合の他の例が示される。この例では、外部変調器244、245の各出力光の偏波状態が直線偏波の主軸が

直交するように設定している。このように、偏波状態が異なる、例えば直線偏波の主軸が直交する二つのRZ信号を光多重する場合に、送信側の合波器240での光多重の後の光経路に、偏波依存性のある光素子257を挿入することで、多量化された二つの光信号の光強度に光素子257を通して振幅調整を付与できることができ、交互のビットで光強度の異なる光多重信号が実現できる。

[0115]また、上述の偏波依存性のある光素子257を挿入するに代えて、合波器として構造上もしくは光信号の入射偏光軸により、合波比に偏光依存性の存在する合波器を用いる構成も可能である。さらに、送信側の交互ビット間の偏波状態の関係が、受信側でもある程度の偏波状態の伝送システムにおいては、図80に示されるように、受信側において、光スィッチ252での光分岐の前に、偏波依存性のある光素子258を挿入するようにしてもよい。

[0116]なお、この実施例では、交互のビットに光強度振幅調整のある2波多重の場合を説明したが、N波多重の構成も可能である。例えば4波多重を行うような光多重伝送システムの場合にも、光多重信号からクロック信号を抽出することができ、図73はこのような4波多重の例を示すもので、4波多重する光信号をg1、g2、g3、g4とすると、 $g1 > g2 = g4 > g3$ の間に係に各偏波調整を掛け、これらを合波して光多重信号iを作成すると、この光多重信号iは図中の点線で示すようなクロック信号成分を含むようになる。さらに、この場合は振幅調整の設定方法により、複数種類のクロック信号成分を含ませることができ、

[0117]また、本発明の一つの特徴点として以下の点が挙げられる。すなわち、従来の100m/sまでの光伝送システムにおいては、信号光を受光(光受変換)後に、電気段で主信号を分離して、クロック抽出を行っている。これに対して、本発明においては、図81に示すように、光段で主信号から分離した光多重信号から、上述の各方法によりクロック抽出を行い、そのクロック信号を用いて光分岐を行う点が特徴である。

[0118]多量化伝送システムにおける次の問題として、一般に送信側における多重化前の各チャネルと受信側における多重化後の各チャネルとの対応関係が固定的に定まることが要求される。例えば図70において、駆動回路242で合波される信号は常に光受変換器253において受信され、駆動回路243へ供給される信号は常に光受変換器254で受信されることとが要求される。しかしながら、従来のOTDM伝送システムでは、受信側で各チャネルの区別をしないため、システムを立ち上げる前に対応関係を定める必要がある。そのため、図83は本発明に係るOTDM通信システムにおいて、好適な光分岐器の構成を示

す。受信された光信号を2つに分岐する光分岐回路300、一方の分岐光信号からクロック信号を再生するクロック信号再生回路302、再生されたクロック信号に従って受信光信号を光レベルで2チャネルに分離する光スィッチ304及び分岐された各チャネルの光信号からデータを再生する二つの光受変換器306、308からなる構成は図70のシステムと同様である。

[0120]送信側から伝送されるデータは例えば図84の形式に従う。図84において、310は光受変換器308、308においてフレーム間を識別するためのフレーム同期データであり、312はチャネルを識別するための識別データである。同様識別データ抽出回路314、316はこの識別データ312を抽出し、制御回路318は同様識別データ抽出回路314、316が抽出した識別データに従い、信号交換回路320を制御して、出力回路1へ出力すべきデータが出力回路2へ出力するよう出力2へ出力すべきデータを出力回路2へ出力されるように信号交換回路320内の接続を制御する。同様識別データ抽出回路314、316の入力信号は、信号交換回路320の出力から取り出して、制御回路318はマイコンコンピュータを使って容易に実現することができ、

[0121]図85に示した光分岐器では、光受変換器の出力の接続を切り換える代りに、位相可変器322を制御して光スィッチ304に与えるクロック信号の位相を変えることにより、実質的に接続切替の効果を得ている。2多重の場合、クロック信号の位相を180°シフトすることにより、実質的に接続の入れ替わりが達成される。

[0122]図86には図85の光分岐器を2チャネルから4チャネルへ拡張した例を示す。クロック信号発生回路302で再生されたクロック信号は位相可変器322を経て光スィッチ304へ供給されるとともに、1/2分岐回路303で1/2分岐され、位相可変器323及び323'をそれぞれ経て光スィッチ305及び305'へ供給される。4チャネルの光信号CH1〜CH4が図115(a)に示すようにCH1〜CH2〜CH3〜CH4の順で多重化されているとすると、光スィッチ304は図115(b)に示すクロックで1タイムスロット毎に切り換えられるので、一方の出力からは図15(c)に示すようにCH1とCH2が他方の出力からは図115(d)に示すようにCH3とCH4が2タイムスロット毎に交互に出力される。光スィッチ305及び305'は図115(e)及び図115(h)に示すクロックで2タイムスロット毎に切り換えられる。図115(f)及び図115(g)に示すようにCH1とCH3が分離され、図115(i)及び図115(j)に示すようにCH2とCH4が分離される。制御回路318は同様識別データ抽出回路314〜317が抽出する識別データに基づいて、例えばCH1が出力回路1から、CH2が出力回路

の光伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 11】本発明の光伝送システムの他の例を示すブロック図である。
【図 12】分散可変補償器が受信側に設けられた本発明の光伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 13】本発明の光伝送システムの他の例を示すブロック図である。
【図 14】中継器にも分散可変補償器が設けられた本発明の光伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 15】伝送特性制御部がさらに設けられた本発明の光伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 16】本発明の光伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 17】本発明の光伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 18】本発明の光伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 19】本発明の光伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 20】マフハンダ型的光変調器の特性を示すブロック図である。
【図 21】マフハンダ型光変調器におけるレッドシフト及びブルーシフトを説明する図である。
【図 22】プリチャージング電流の制御のために駆動変調部と位相変調部をタンデムに接続したマフハンダ型光変調器を示す図である。
【図 23】波長多重方式における信号波長の配置の一例を示す図である。
【図 24】等分散波長入りの温度依存性を示す図である。
【図 25】光ファイバの温度評価の一例を示す図である。
【図 26】光ファイバの温度評価の他の例を示す図である。
【図 27】光ファイバの温度評価の他の例を示す図である。
【図 28】温度評価に基づき信号光波長を変更する光伝送システムの一例を示す図である。
【図 29】本発明の光伝送システムの一例を示す図である。
【図 30】温度評価に基づきプリチャージング電流を変更する光伝送システムの一例を示す図である。
【図 31】温度評価に基づき分散補償量を変更する光伝送システムの一例を示す図である。
【図 32】分散可変補償器と受信側に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 33】分散可変補償器を送信部、受信部及び中継器に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 34】温度評価に基づき光増幅器の増幅度を変更する光伝送システムの一例を示す図である。

【図 35】温度評価に基づき、信号波長、プリチャージング電流、分散補償量、及び光増幅度を変更する光伝送システムの一例を示す図である。
【図 36】分散補償器を受信側に配置することにより非線形効果を軽減した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 37】光伝送システムの一例を示す図である。
【図 38】分散補償器を送信側に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 39】光伝送システムの一例を示す図である。
【図 40】受信側に配置した分散補償器の補償量 D を正とした光伝送システムの一例を示す図である。
【図 41】受信側に配置した分散補償器の補償量 D を負とした光伝送システムの一例を示す図である。
【図 42】分散値の特性が互いに逆の分散補償器を送信部及び受信側に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 43】中継器にも分散補償器を配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 44】分散補償器を配置し、さらに、伝送特性を測定して信号光波長を最適化する光伝送システムの一例を示す図である。
【図 45】分散補償器を送信側に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 46】分散補償器を送信部、受信部及び中継器に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 47】分散補償器を配置し、さらに、伝送特性を測定してプリチャージング電流を最適化する光伝送システムの一例を示す図である。
【図 48】分散補償器を送信側に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 49】分散補償器を送信部、受信部、及び中継器に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 50】分散補償器を配置し、さらに、伝送特性を測定して信号光波長及びプリチャージング電流を最適化する光伝送システムの一例を示す図である。
【図 51】分散補償器を送信側に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 52】分散補償器を送信部、受信部、及び中継器に配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 53】光増幅中継器に波長変換器を配置した光伝送システムの一例を示す図である。
【図 54】送信部における波長も可変とした光伝送システムの一例を示す図である。
【図 55】波長変換器の一例としての波長変換レーザの断面図である。
【図 56】伝送特性を測定して各光増幅中継器間ごとに信号光波長を最適化する光伝送システムの一例を示す図である。
【図 57】さらに、分散補償器を配置した光伝送システム

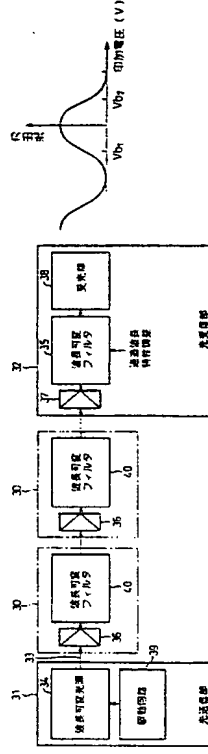
ムの一例を示す図である。
【図 58】動作が適正であるときのドリフト補償回路の動作を説明する図である。
【図 59】動作が変動したときのドリフト補償回路の動作を説明する図である。
【図 60】動作が変動したときのドリフト補償回路の動作を説明する図である。
【図 61】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 62】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 63】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 64】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 65】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 66】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 67】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 68】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 69】本発明のドリフト補償回路を有する光多重化システムの一例を示すブロック図である。
【図 70】本発明のクロック抽出技術が適用される光時分割多重伝送システムの一例を示すブロック図である。
【図 71】図 70 のシステムの一動作を説明するためのタイミングチャートである。
【図 72】本発明のクロック抽出技術を説明するための波形図である。
【図 73】本発明のクロック抽出技術の他の例を説明するための波形図である。
【図 74】本発明の光送信機の一例を示すブロック図である。
【図 75】本発明の光送信機の一例を示すブロック図である。
【図 76】本発明の光送信機の一例を示すブロック図である。
【図 77】マフハンダ型光変調器の駆動電圧のバイアスを変更することによる出力光の強度の変更を説明する図である。
【図 78】マフハンダ型光変調器の駆動電圧のバイアスを変更することによる出力光の強度の変更を説明する図である。
【図 79】本発明の光送信機の一例を示すブロック図である。
【図 80】本発明の光送信機の一例を示すブロック図である。
【図 81】本発明の光送信機の一例を示すブロック図

である。
【図 82】クロック抽出回路の詳細を示すブロック図である。
【図 83】本発明の光増幅器の一例を示すブロック図である。
【図 84】チャネル搬送データを含む伝送データの形式の一例を示す図である。
【図 85】本発明の光増幅器の他の例を示すブロック図である。
【図 86】本発明の光増幅器の他の例を示すブロック図である。
【図 87】本発明の光増幅器の他の例を示すブロック図である。
【図 88】光遅延回路の一例を示す図である。
【図 89】本発明の光増幅器の他の例を示すブロック図である。
【図 90】光信号に多重化される低周波信号を示す図である。
【図 91】本発明の光増幅器の他の例を示すブロック図である。
【図 92】本発明の光増幅器の他の例を示すブロック図である。
【図 93】本発明の光増幅器の他の例を示すブロック図である。
【図 94】本発明の光送信機の一例を示すブロック図である。
【図 95】本発明の光送信機の一例を示すブロック図である。
【図 96】順動回路 418、420 の詳細を示す回路図である。
【図 97】本発明のクロック位相安定化制御を行なう光増幅器を示すブロック図である。
【図 98】図 97 の回路の動作を説明するタイミングチャートである。
【図 99】位相差 θ を説明する図である。
【図 100】位相差 θ と f 、成分の強度との関係を示す図である。
【図 101】本発明の光増幅器の他の例を示す図である。
【図 102】本発明の光増幅器の他の例を示す図である。
【図 103】本発明の光増幅器の他の例を示す図である。
【図 104】図 103 の光増幅機において受信信号に重畳される低周波信号の一例を示す図である。
【図 105】本発明の光増幅器の他の例を示すブロック図である。
【図 106】タイミング再生部の詳細の一例を示すブロック図である。
【図 107】光多重化信号の一例の波形図である。

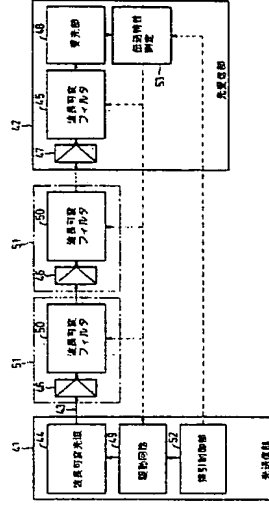
【図108】受光素子の特性の一例を示す図である。
 【図109】タイミング発生部の詳細の他の例を示すブロック図である。
 【図110】光スイッチの詳細を示すブロック図である。
 【図111】本発明の光受信機の他の例を示すブロック図である。
 【図112】位相検出に対する周波数出力値の関係を示す図である。
 【図113】入力部アーム検出のための回路の一例を示す図である。
 【図114】本発明の光受信機の他の例を示すブロック図である。
 【図115】図8の回路の動作を説明するタイミング*チャートである。
 【図116】本発明の光交換機の他の例を示すブロック図である。
 【図117】本発明の光交換機の他の例を示すブロック図である。
 【図118】本発明の光交換機の他の例を示すブロック図である。
 【図119】本発明の光交換機の他の例を示すブロック図である。
 【図120】図8の回路の動作を示す波形図である。
 13, 33, 43, 63, 83, 102...光ファイバ
 16, 17, 36, 37, 46, 47, 69, 70, 8
 9, 91a, 91b, 104...光検波器

(図3)

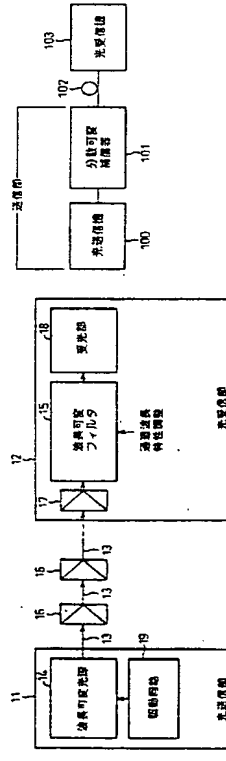
(図20)



(図4)

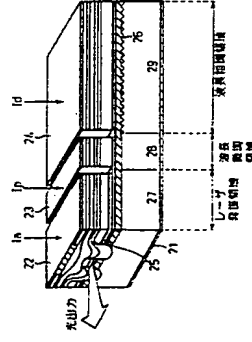


(図10)

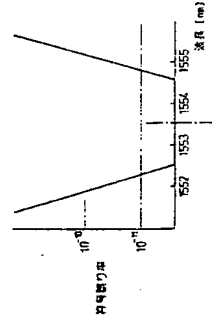


(図11)

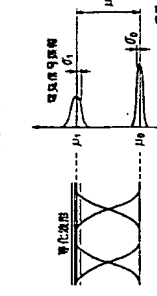
(図2)



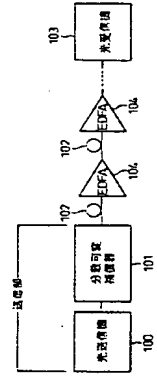
(図5)



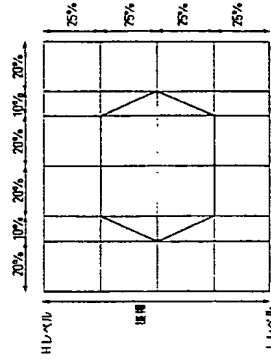
(図7)



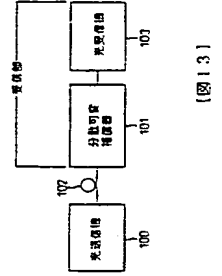
(図11)



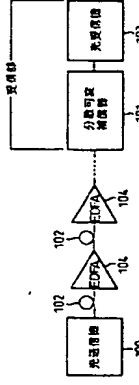
(図6)



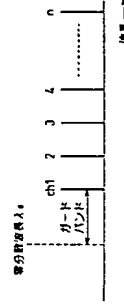
(図12)



(図13)



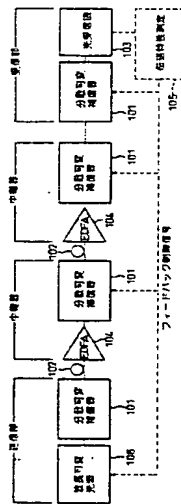
(図23)



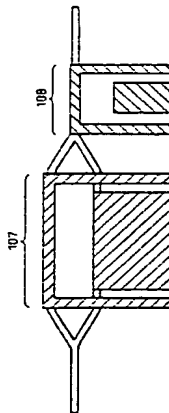
(33)

(34)

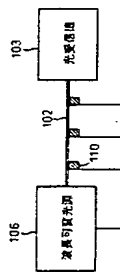
(図19)



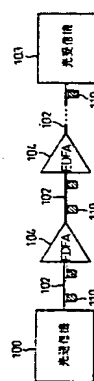
(図22)



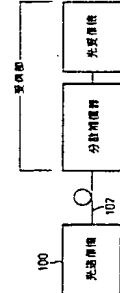
(図28)



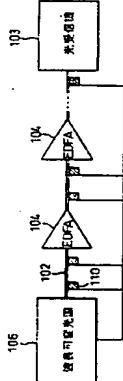
(図27)



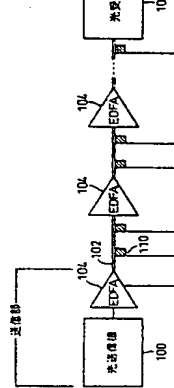
(図36)



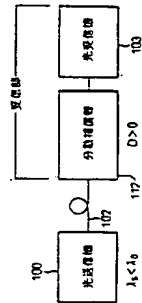
(図29)



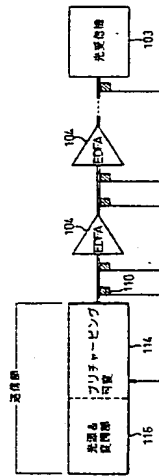
(図34)



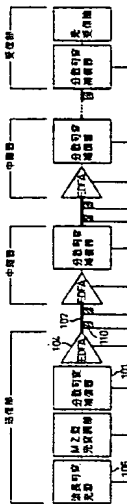
(図40)



(図30)



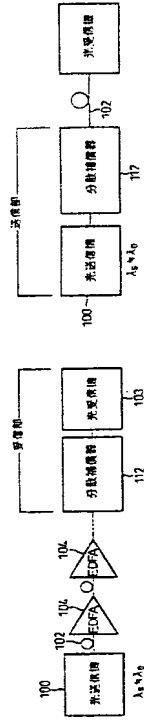
(図35)



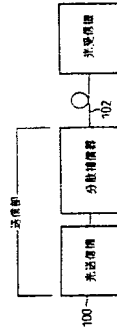
(35)

(36)

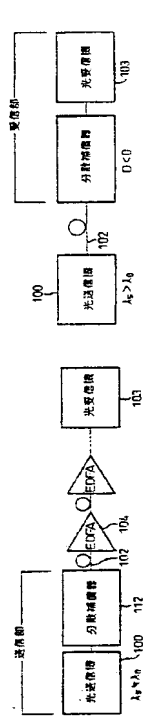
【図37】



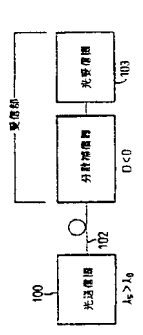
【図38】



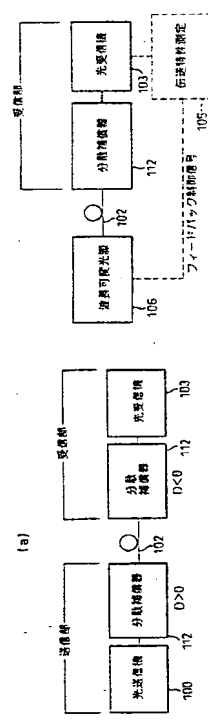
【図39】



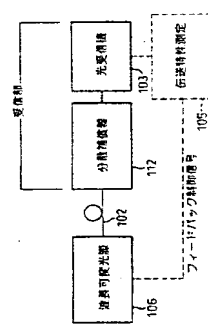
【図41】



【図42】

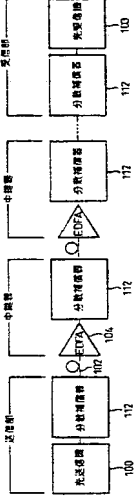


【図44】

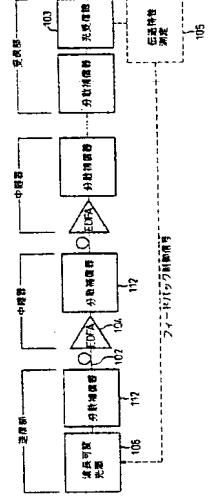


(a)

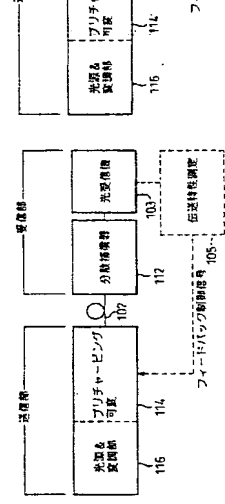
【図43】



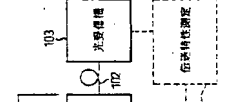
【図46】



【図47】

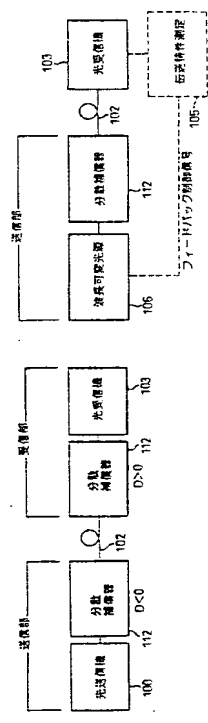


【図48】

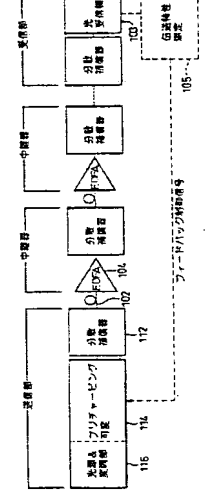


(b)

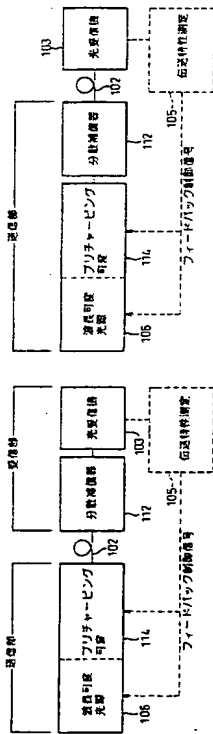
【図45】



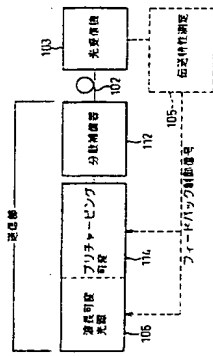
【図49】



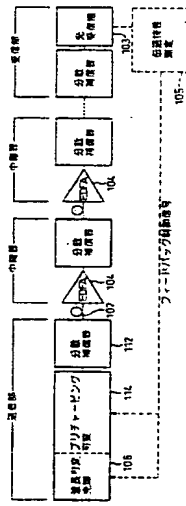
1058



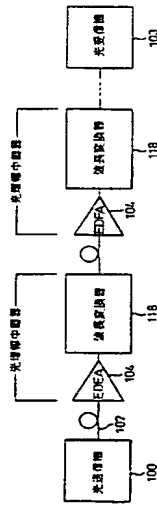
(圖51)



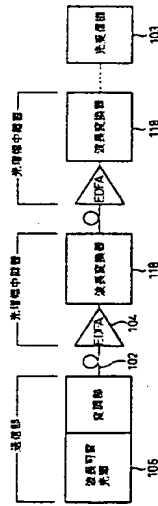
[圖52]



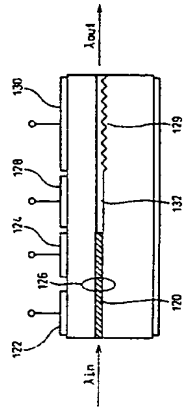
(圖53)



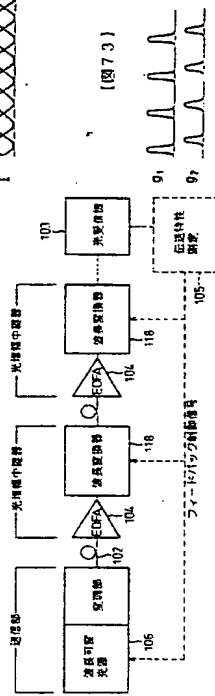
【圖54】



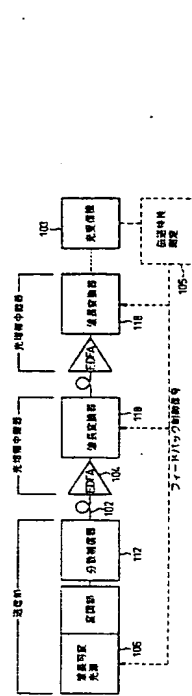
[55]



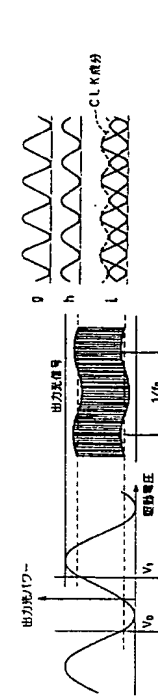
(图56)



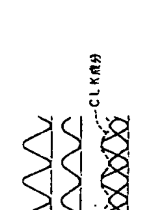
[E57]



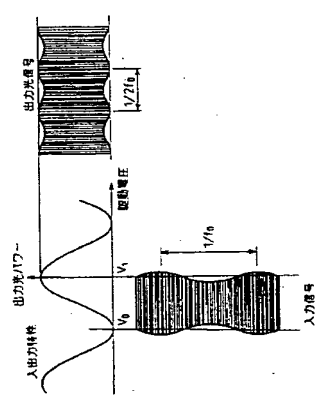
[圖59]



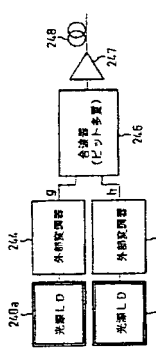
[圖72]



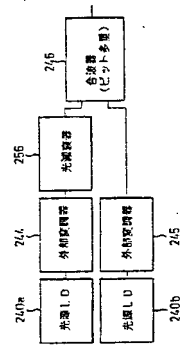
【図 58】



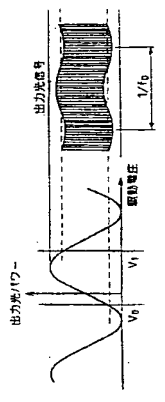
【図 74】



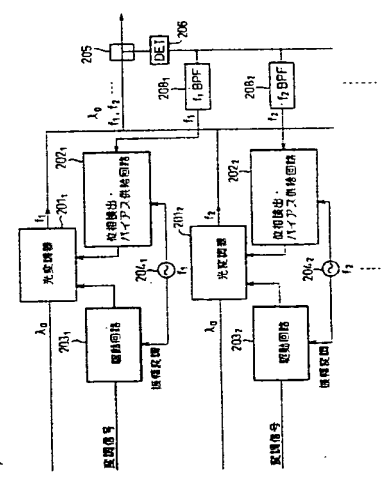
【図 75】



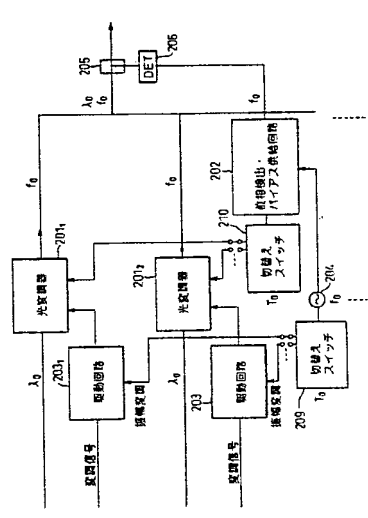
【図 60】



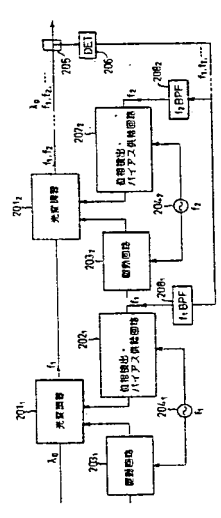
【図 61】



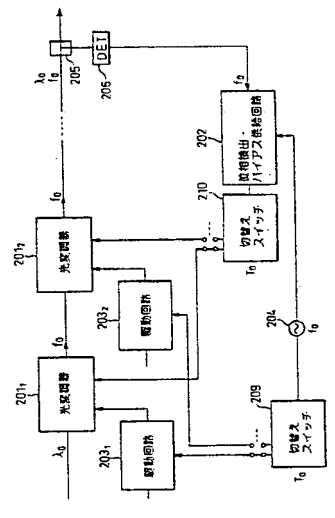
【図 62】



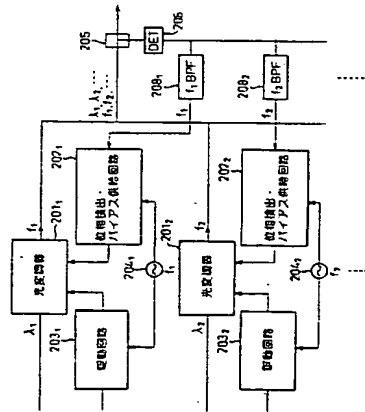
【図 63】



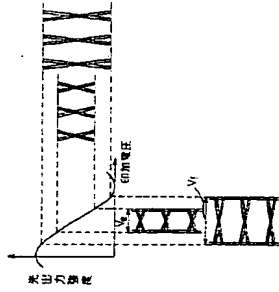
【図 64】



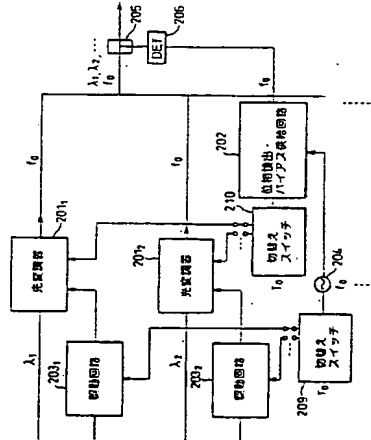
【図65】



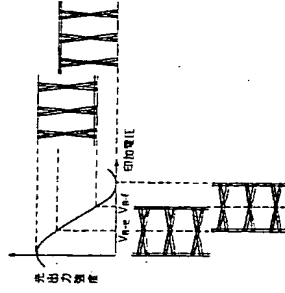
【図77】



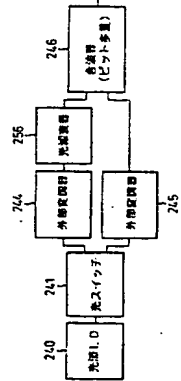
【図66】



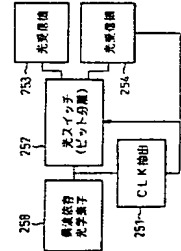
【図78】



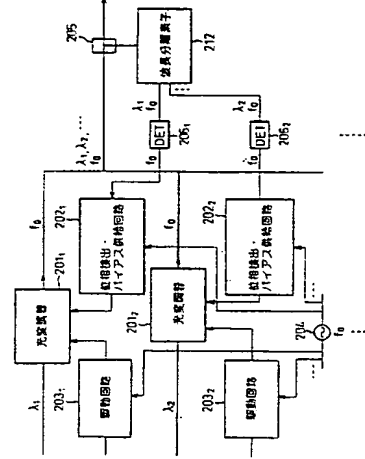
【図76】



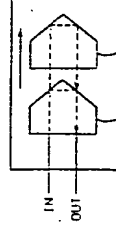
【図80】



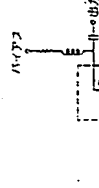
【図67】



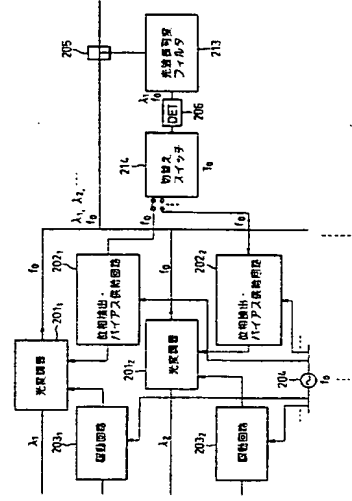
【図88】



【図96】



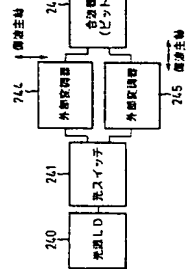
【図68】



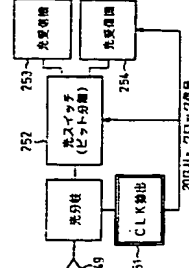
【図89】



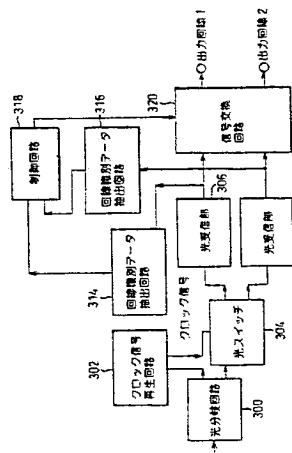
【図79】



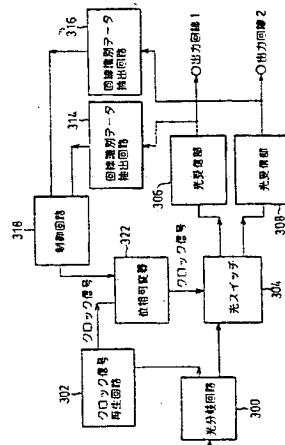
【図81】



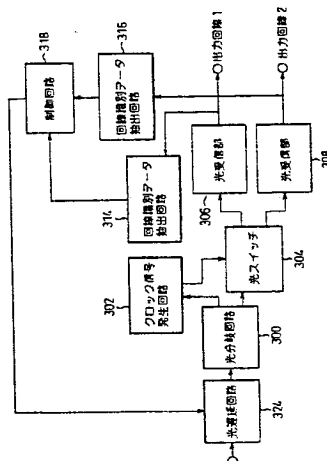
【図 83】



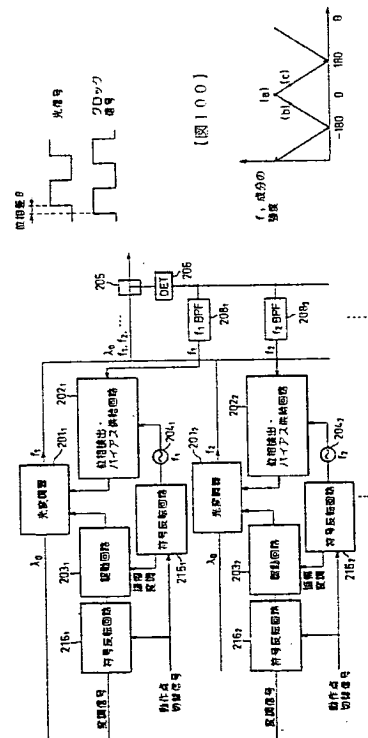
【図 85】



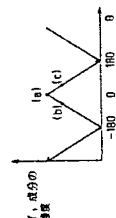
【図 87】



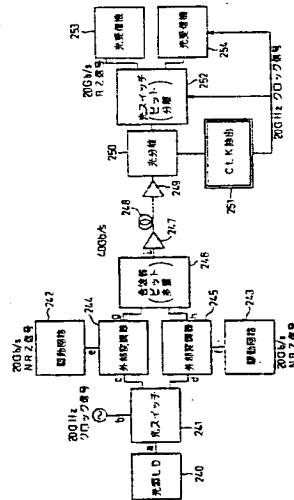
【図 69】



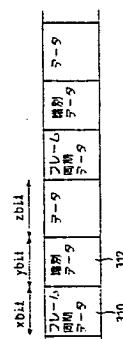
【図 100】



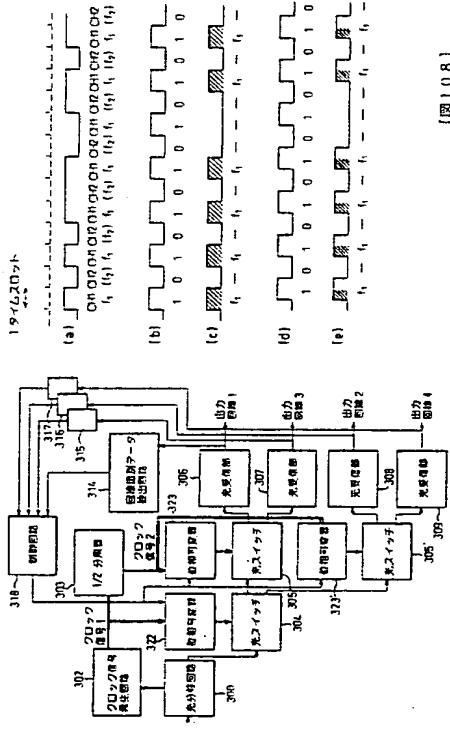
【図 70】



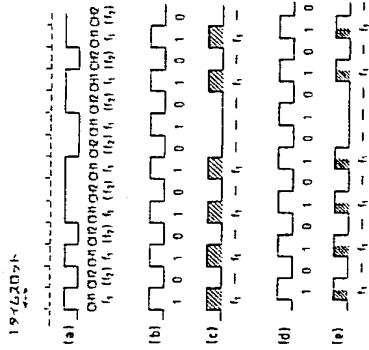
【図 84】



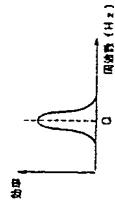
(図86)



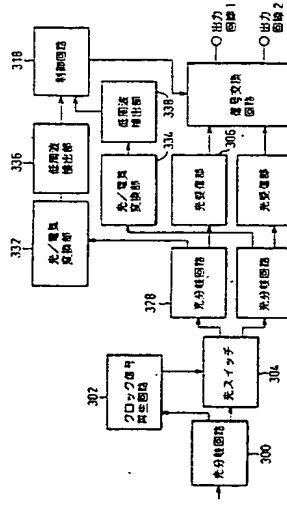
(図88)



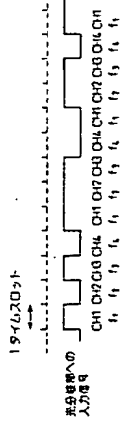
(図108)



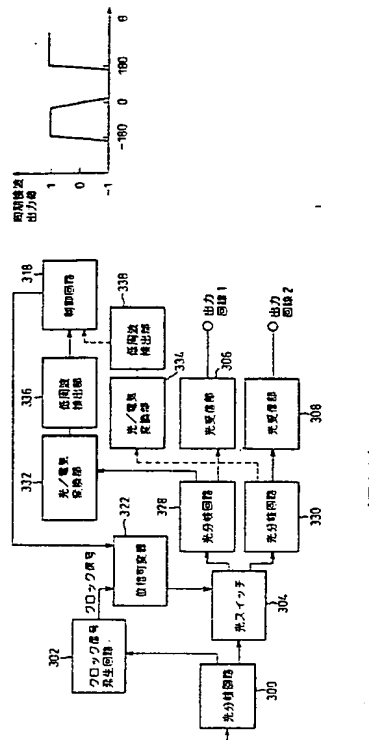
(図89)



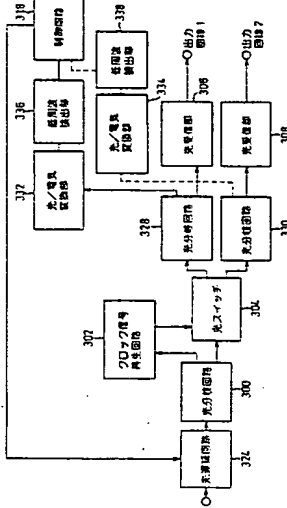
(図90)



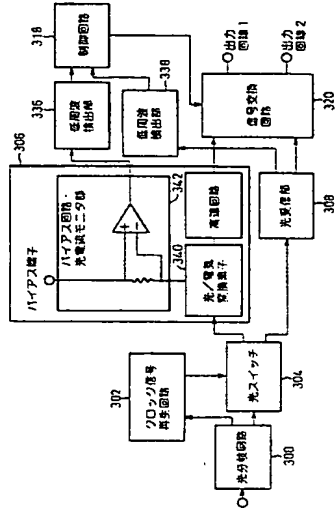
(図91)

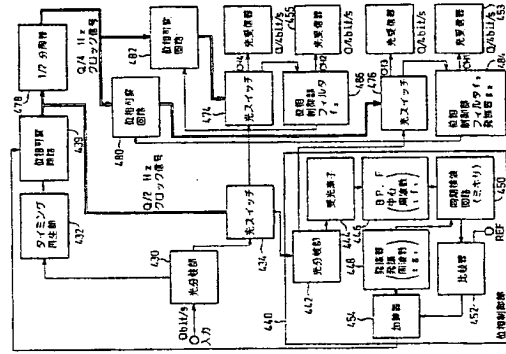
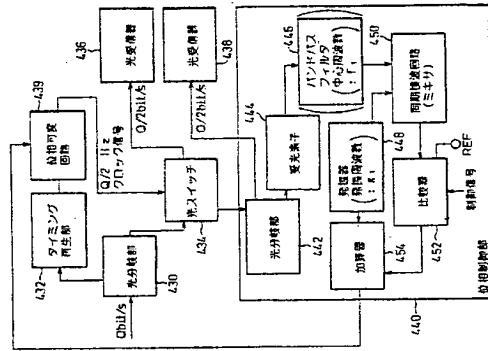
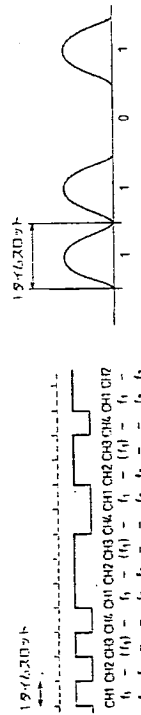
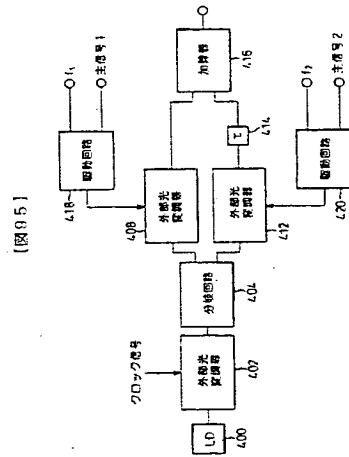
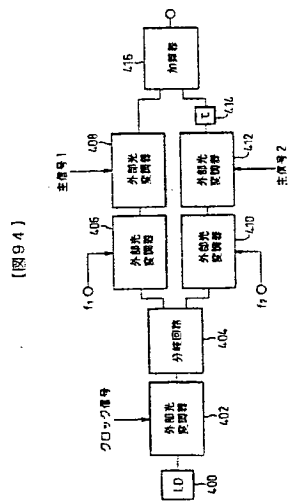


(図92)

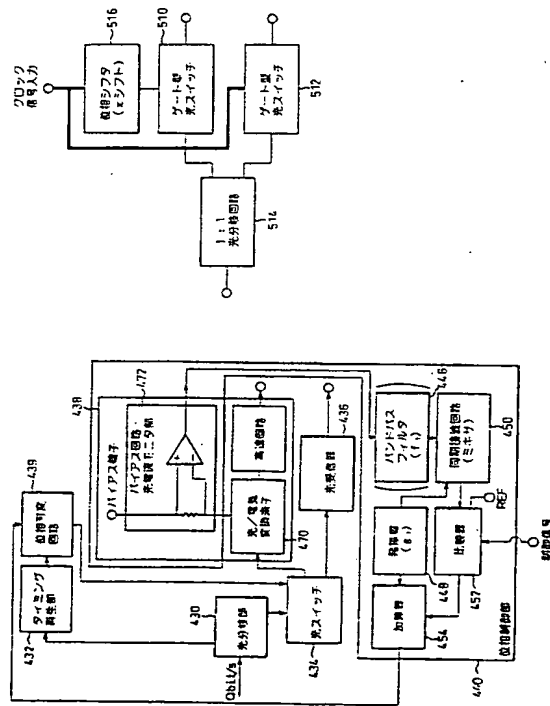


(図93)

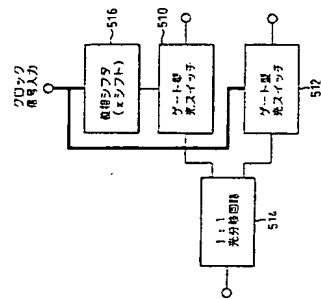




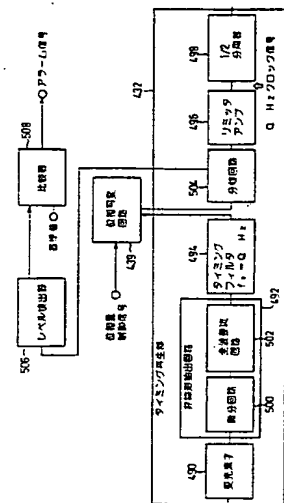
【図102】



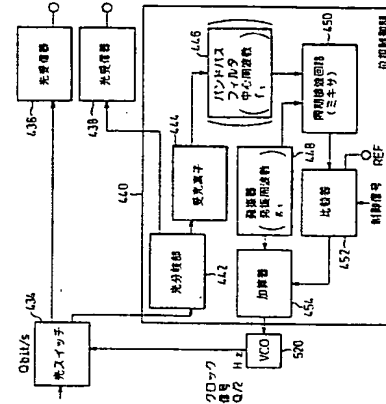
【図110】



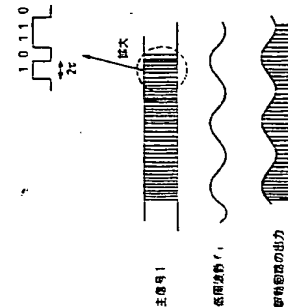
【図109】



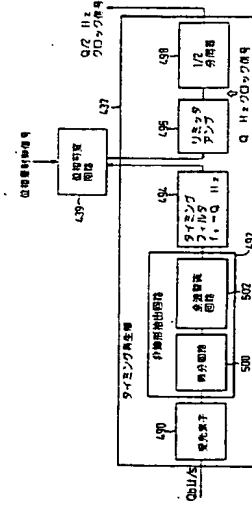
【図111】



【図120】



【図106】



【図116】

